

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
21. November 2002 (21.11.2002)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 02/093741 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: H03H 9/54, 7/09

(72) Erfinder; und

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP02/04617

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): HEUERMANN, Holger [DE/DE]; Marienstr. 3 a, 83607 Holzkirchen (DE). RUEDIGER, Jens [DE/DE]; Karneidplatz 23, 81547 Muenchen (DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:  
25. April 2002 (25.04.2002)

(74) Anwälte: SCHOPPE, Fritz usw.; Schoppe, Zimmermann, Stöckeler & Zinkler, Postfach 71 08 67, 81458 München (DE).

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

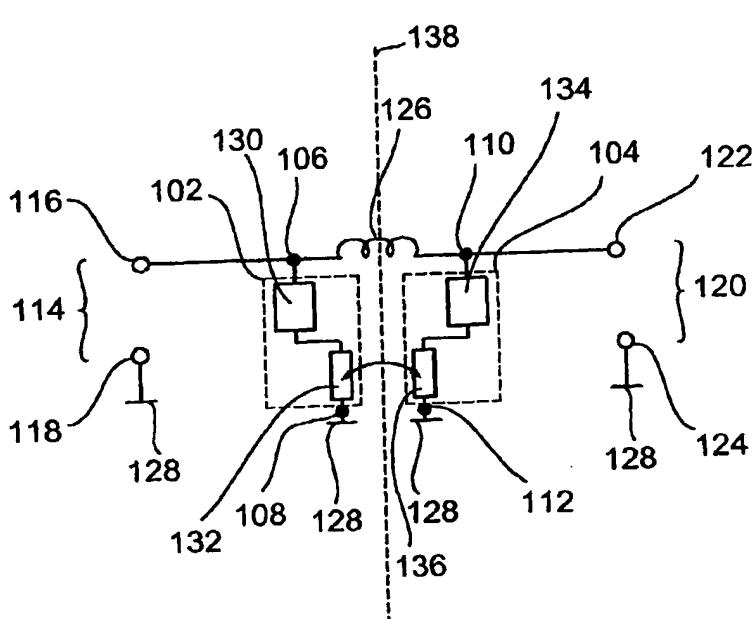
(30) Angaben zur Priorität:  
101 23 369.8 14. Mai 2001 (14.05.2001) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): INFINEON TECHNOLOGIES AG [DE/DE]; St.-Martin-Str. 53, 81669 München (DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: FILTER ARRANGEMENT FOR SYMMETRICAL AND ASYMMETRICAL LINE SYSTEMS

(54) Bezeichnung: FILTERANORDNUNG FUER SYMMETRISCHE UND UNSYMMETRISCHE LEITUNGSSYSTEME



**WO 02/093741 A1**

(57) Abstract: A filter arrangement comprising a first resonator device (102) mounted between a first node (106) and a second node (108). A second resonator device (104) is mounted between a third node (110) and a fourth node (112). The first resonator device (102) and the second resonator device (104) are coupled to each other. An inductive component (126) is also mounted between the first node (106) and the third node (110).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



(84) **Bestimmungsstaaten (regional):** ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

---

(57) **Zusammenfassung:** Eine Filteranordnung umfasst eine erste Resonatoreinrichtung (102), die zwischen einen ersten Knoten (106) und einen zwei-ten Knoten (108) geschaltet ist. Eine zweite Resonatoreinrichtung (104) ist zwischen einen dritten Knoten (110) und einen vierten Knoten (112) geschaltet. Die erste Resonatoreinrichtung(102) und die zweite Resonatoreinrichtung (104) sind miteinander verkoppelt sind. Ferner ist ein induktives Bauelement (126) vorgesehen, daß zwischen den ersten Knoten (106) und den dritten Knoten (110) geschaltet ist.

## Beschreibung

Filteranordnung für symmetrische und unsymmetrische Leitungssysteme

5

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Filteranordnung und insbesondere auf eine Resonatorbandpaßfilteranordnung für symmetrische und unsymmetrische Leitungssysteme.

- 10 Bandpassfilter werden in nahezu jeder Mikrowellenapplikation benötigt. Insbesondere schmalbandige Sende/Empfangsschaltungen (sogenannte Transceiver-Schaltungen), wie sie in Mobilfunksystemen eingesetzt werden, benötigen Bandpassfilter, um alle Störsignale, die sich außerhalb des genutzten Frequenz-
- 15 bandes befinden, zu unterdrücken. Somit können große Störsignale die Empfänger nicht in die Begrenzung treiben und kleine Störsignale verschlechtern das Grundrauschen nicht. Ferner finden Bandpassfilter in sogenannten Multibandsystemen Anwendung, um über Frequenzweichen, sogenannte Diplexer, die einzelnen Bänder zu selektieren.
- 20

Gute Bandpassfilter zeichnen sich dadurch aus, dass sie im Durchlassband sehr wenig elektrische Verluste aufweisen und im Sperr- bzw. Stoppband eine möglichst große Isolation haben.

Häufig werden in Bandpassfiltern Resonatoren eingesetzt. Von einem Serienresonator spricht man, wenn dieses Zweiklemmen-element, sofern es in Serie geschaltet ist, bei der Resonanzfrequenz ein sehr gutes Durchlassverhalten aufweist. Für andere Frequenzen weist dieses Element ein Sperrverhalten auf. Von einem Parallelresonator spricht man, wenn dieses Zweiklemmenelement, sofern es zwischen dem Signalweg und einem Bezugspotential, wie z. B. Masse, geschaltet ist, bei der Resonanzfrequenz ein sehr gutes Durchlassverhalten aufweist. Für andere Frequenzen weist dieses Element ein Sperrverhalten auf.

- Ein Symmetrierglied (Balun) wird dort eingesetzt, wo ein Übergang von einem unsymmetrischen zu einem symmetrischen Leitungssystem, z. B. einem Mikrowellenleitungssystem, oder umgekehrt erforderlich ist. In modernen Handsetgeräten haben die in Halbleitern integrierten Kleinsignal-Sende/Empfangsschaltungen (Kleinsignal-Transceiver) nur symmetrische Ein- und Ausgänge. Hingegen sind Leistungsverstärker und Antennen in unsymmetrischer Technik ausgeführt. Daher sind in solchen Handsetgeräten für jedes Frequenzband zwei Netzwerke erforderlich, um verlustarme Übergänge zwischen dem symmetrischen Leitungssystem und dem unsymmetrischen Leitungssystem zu realisieren. Im Mobilfunkbereich sind bisher die unsymmetrischen Schaltungen, wie z. B. Diplexer, die klassischen und alleinig eingesetzten Schaltungen. Ferner sind eine Großzahl der in der Praxis genutzten Leitungssysteme, wie beispielsweise Koaxial-, Mikrostreifen- und Streifenleitungen, unsymmetrische Systeme.
- Zur Realisierung von Bandpassfiltern existieren eine große Anzahl von Realisierungsmöglichkeiten.
- Seit vielen Jahrzehnten sind Filter mit konzentrierten induktiven Bauelementen und Kapazitäten oder mit Leitungsstrukturen bekannt. In Frequenzweichen (Diplexern) werden in der Regel reine Leitungsstrukturen verwendet.
- Für schmalbandige Filteranwendungen werden seit Jahren Oberflächenwellenfilter, die bekannten SAW-Filter (SAW = Surface Acoustic Wave = akustische Oberflächenwelle) verwendet, in denen nicht-gekoppelte Resonatoren zum Einsatz kommen. Solche nicht-gekoppelten Resonatoren sind beispielsweise in der sogenannten Ladder-Typ-Struktur angeordnet.
- Für schmalbandige Bandpassfilter haben sich Realisierungen mit gekoppelten Resonatoren erst seit einigen Jahren für Schaltungen im Mobilfunkbereich etabliert. Diese Filterreali-

sierungen zeichnen sich insbesondere durch ihre sehr steilen Filterflanken aus. Diese Technologie findet ihren Einsatz bei großen Resonatoren, z. B. aus zylinderförmigen Keramiken mit geringen Verlusten und großer Dielektrizitätskonstante, und bei Filtern für große Leistungen, wie sie beispielsweise in Basisstationen verwendet werden.

Die geraden beschriebenen, bekannten Filterrealisierungen sind dahingehend nachteilhaft, dass diese ausschließlich für unsymmetrische Leitungssysteme oder ausschließlich für symmetrische Leitungssysteme verfügbar sind. Die Filterrealisierungen haben somit entweder ein symmetrisches Eingangstor und ein symmetrisches Ausgangstor oder ein unsymmetrisches Eingangstor und ein unsymmetrisches Ausgangstor. Mischkonstruktionen aus gekoppelten Resonatoren und konzentrierten Bauelementen, wie beispielsweise induktiven Bauelementen, sind nicht bekannt.

Die Einsparung des Symmetriergliedes, des Baluns, ist im Stand der Technik nur im Zusammenhang mit Oberflächenwellenfiltern (SAW-Filtern) bekannt. Die relativ aufwendigen und teuren SAW-Filter bieten eine Möglichkeit der Balancierung des unsymmetrischen Signals, indem eine physikalisch sehr kurze  $180^\circ$ -Leitung im akustischen Bereich eingefügt wird. SAW-Filter bieten eine sehr steile Filtercharakteristik bei mittleren Durchgangsverlusten von etwa 2 bis 3 dB und haben sich als Empfangsfilter vor den Vorverstärkern der Sender/Empfangsschaltungen etabliert. Auf der Sendeseite von Sender/Empfangsschaltungen werden überwiegend in Keramik realisierte Symmetrierglieder (Baluns) eingesetzt.

Der Nachteil der oben beschriebenen, im Stand der Technik bekannten Realisierungen von Bandpassfiltern besteht zum einen darin, dass Bandpassfilter mit diskreten induktiven Bauelementen und Kondensatoren für kommerzielle Mikrowellenprodukte, die in großen Mengen gefertigt werden, uninteressant sind, da die Anzahl der erforderlichen Bauelemente sehr groß

- ist und somit die erforderliche Fläche sehr groß ist. Ferner sind die Verluste im Durchlassbereich unzulässig hoch. Demgegenüber bieten gekoppelte Resonatorfilter bessere Selektionseigenschaften bei geringeren Verlusten als die "verschalteten" Resonatorfilter, wie beispielsweise die Ladder-Typ-Strukturen. Die kommerziell sehr erfolgreichen SAW-Filter basieren aufgrund ihrer nicht-gekoppelten Resonatortechnologie auf einer veralteten Topologie.
- 10 Für die Realisierung von Frequenzweichen, Diplexern, haben die SAW-Filter eine zu große Durchlassdämpfung, welche bei Diplexern bei etwa 0,7 dB liegt. Ferner sind die SAW-Filter nicht großsignalstabil, so dass das von einem Leistungsverstärker ausgegebene Signal das Filter zerstören würde. Hinter dem Ausgang der Sende/Empfangsschaltung ist ein SAW-Filter zu teuer.
- 15 Ein Symmetrierglied hat gegenüber einem SAW-Filter zu geringe Selektionseigenschaften, so dass auch dessen Einsatz nicht vorteilhaft ist.
- 20 Hinsichtlich der im Stand der Technik bekannten Realisierungen für Bandpassfilter ist somit zusammenfassend festzustellen, dass diese in der Realisierung zu aufwendig sind, zu hohe Verlust im Durchlassbereich aufweisen und/oder eine zu geringe Selektionseigenschaft haben.
- 25 Ausgehend von diesem Stand der Technik liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine verbesserte Filteranordnung zu schaffen, welche eine geringe Durchlassdämpfung aufweisen, großsignalstabil sind und gute Selektionseigenschaften aufweisen.
- 30 Diese Aufgabe wird durch eine Filteranordnung gemäß Anspruch 35 1 sowie durch eine Filteranordnung gemäß Anspruch 14 gelöst.
- Die vorliegende Erfindung schafft eine Filteranordnung mit

einer ersten Resonatoreinrichtung, die zwischen einen ersten Knoten und einen zweiten Knoten geschaltet ist;

- 5 einer zweiten Resonatoreinrichtung, die zwischen einen dritten Knoten und einen vierten Knoten geschaltet ist, wobei die erste Resonatoreinrichtung und die zweite Resonatoreinrichtung verkoppelt sind; und
- 10 einem induktiven Bauelement, das zwischen den ersten Knoten und den dritten Knoten geschaltet ist.

Die vorliegende Erfindung schafft eine Filteranordnung mit

- 15 einer ersten Resonatoreinrichtung, die zwischen einen ersten Knoten und einen zweiten Knoten geschaltet ist;

einer zweiten Resonatoreinrichtung, die zwischen den zweiten Knoten und den dritten Knoten geschaltet ist, wobei die erste Resonatoreinrichtung und die zweite Resonatoreinrichtung verkoppelt sind; und

einem induktiven Bauelement, das zwischen den zweiten Knoten und einen vierten Knoten geschaltet ist.

25 Die vorliegende Erfindung schafft eine neue Klasse von Filtern, insbesondere Bandpassfiltern, die sich für symmetrische, unsymmetrische und sogar gemischt-symmetrische Ein- und Ausgangsleitungen eignen.

- 30 Bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel wird ein neuer Ansatz verfolgt, gemäß dem konzentrierte Bauelemente mit ungekoppelten und gekoppelten Leitungen verwendet werden, wodurch sich sehr selektive Bandpassfilter ergeben, die sich mit einer sehr geringen Anzahl von Bauelementen auf kleinstem Raum realisieren lassen.
- 35

Neben diesen praktisch sehr großen Vorteilen für reine Bandpassfilterfunktionen bietet die vorliegende Erfindung ferner Topologien, mit denen Filter mit einem unsymmetrischen Eingangstor und einem symmetrischen Ausgangstor bzw. einem symmetrischen Eingangstor und einem unsymmetrischen Ausgangstor realisiert werden können. Diese Filter haben konzeptbedingt nicht mehr Verluste als Filter mit gleichen Ein- und Ausgangstoren. Mit diesen Filtern ist es möglich, in vielen Anwendungen die Verluste und Kosten, die durch die ansonsten erforderlichen Symmetrierglieder (Baluns) auftreten, einzusparen.

Bei einem weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiel sind die erfindungsgemäßen Filter aus mindestens zwei verkoppelten Leitungen oder Resonatoren und einem Kondensator oder einer Spule aufgebaut. Gemäß der vorliegenden Erfindung werden Topologien für gekoppelte Serien- und Parallelresonatoren geschaffen.

Bei einem anderen bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist eine Schaltungstopologie für ein Bandpassfilter vorgesehen, das Resonatoren, von denen zumindest zwei miteinander gekoppelt sind, und eine oder mehrere induktive Bauelemente aufweist. Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel wird eine Schaltungstopologie für ein Bandpassfilter geschaffen, das aus Hochfrequenzleitungspaaren und aus einem oder mehreren induktiven Bauelementen besteht, wobei die Hochfrequenzleitungspaare niederohmige und hochohmige Leitungen aufweisen, wobei zumindest zwei hochohmige Leitungen über eine Teillänge elektromagnetisch verkoppelt sind.

Ein erstes Ausführungsbeispiel betrifft ein Bandpassfilter mit einem Eingang und einem Ausgang aus je einem unsymmetrischen Mikrowellentor. Hinter dem Eingangstor sind vorzugsweise  $n$  ( $n = 1, 2, \dots$ )  $\Gamma$ -Glieder vorgesehen. Jedes der  $\Gamma$ -Glieder umfasst einen Resonator oder ein Hochfrequenzleitungspaar, das am Ende mit einem Kurzschluss abgeschlossen

ist, wobei das Hochfrequenzleitungs paar eine niederohmige und eine hochohmige Leitung mit einer elektrischen Länge von kleiner als  $\lambda/4$  aufweist, wobei  $\lambda$  die Wellenlänge der auf der Hochfrequenzleitung geführten Welle bezeichnet. Ferner ist 5 ein serielles induktives Bauelement vorgesehen. Vor dem Ausgangstor befindet sich ein weiterer Resonator oder ein weiteres Hochfrequenzleitungs paar, und der weitere Resonator bzw. das weitere Hochfrequenzleitungs paar sind über das serielle 10 induktive Bauelement mit dem Resonator oder Hochfrequenzleitungs paar am Eingangstor verbunden. Das Hochfrequenzleitungs paar umfasst eine niederohmige und eine hochohmige Leitung mit einer elektrischen Länge von kleiner als  $\lambda/4$  und ist am Ende mit einem Kurzschluss abgeschlossen.

15 Ein zweites Ausführungsbeispiel betrifft ein Bandpassfilter mit einem Eingang und einem Ausgang aus je einem symmetrischen Mikrowellentor. Hinter dem Eingangstor sind  $n$  ( $n = 1, 2, \dots$ ) C-Glieder vorgesehen. Jedes der C-Glieder umfasst einen Resonator oder ein Hochfrequenzleitungs paar, das jeweils 20 zwei niederohmige und eine hochohmige Leitung mit einer elektrischen Länge von kleiner  $\lambda/4$  aufweist, wobei die niederohmigen Leitungen mit den symmetrischen Toren bzw. Leitungen verbunden sind. Je symmetrischem Leitungszweig ist ein serielles induktives Bauelement vorgesehen. Vor dem Ausgangstor 25 ist ein weiterer Resonator oder ein weiteres Hochfrequenzleitungs paar vorgesehen, das jeweils zwei niederohmige und eine hochohmige Leitung mit einer elektrischen Länge von kleiner  $\lambda/4$  aufweist, wobei die niederohmigen Leitungen mit den symmetrischen Leitungen verbunden sind.

30 Ein drittes Ausführungsbeispiel betrifft ein Bandpassfilter mit einem Eingang und einem Ausgang aus einem unsymmetrischen und einem symmetrischen Mikrowellentor. Hinter dem Eingangstor befinden sich  $n$  ( $n = 1, 2, \dots$ ) C-Glieder. Die C-Glieder umfassen einen Resonator oder ein Hochfrequenzleitungs paar, 35 das jeweils zwei niederohmige und eine hochohmige Leitung mit einer elektrischen Länge von kleiner  $\lambda/4$  aufweist, wobei das

Hochfrequenzleitungspaar jeweils mit den niederohmigen Leitungen mit den symmetrischen Leitungen verschaltet sind. Ferner ist je symmetrischem Leitungszweig ein serielles induktives Bauelement vorgesehen. Vor dem Ausgangstor befindet sich  
5 ein weiterer Resonator oder ein weiteres Hochfrequenzleitungspaar, das jeweils zwei niederohmige und eine hochohmige Leitung mit einer elektrischen Länge von kleiner  $\lambda/4$  aufweist, wobei bei dem weiteren Hochfrequenzleitungspaar jeweils die niederohmigen Leitungen mit den Leitungen verbunden  
10 sind.

Ein vierter Ausführungsbeispiel betrifft ein Bandpassfilter mit einem Eingang und einem Ausgang aus je einem unsymmetrischen Mikrowellentor. Hinter dem Eingangstor sind n ( $n = 1, 2, \dots$ ) L-Glieder vorgesehen. Die L-Glieder umfassen einen in Serie geschalteten Resonator oder ein in Serie geschaltetes Hochfrequenzleitungspaar, das eine gekoppelte niederohmige und eine hochohmige Leitung mit einer elektrischen Länge von kleiner  $\lambda/4$  aufweist. Hinter dem Serienelement befindet sich  
15 ein induktives Bauelement, das gegen ein Bezugspotential, z. B. Masse, geschaltet ist. Vor dem Ausgangstor befindet sich ein weiterer Resonator oder ein Hochfrequenzleitungspaar, das eine gekoppelte niederohmige und eine hochohmige Leitung mit einer elektrischen Länge von kleiner  $\lambda/4$  aufweist und seriell  
20 zwischen dem letzten induktiven Bauelement, z. B. der letzten Spule, und dem Ausgang eingebbracht ist.  
25

Ein fünftes Ausführungsbeispiel betrifft ein Bandpassfilter mit einem Eingang und einem Ausgang aus je einem symmetrischen Mikrowellentor. Hinter dem Eingangstor befinden sich n ( $n = 1, 2, \dots$ ) gespiegelte C-Glieder. Die C-Glieder umfassen je zwei Serienelemente in Form zweier Resonatoren oder Hochfrequenzleitungspaare, die jeweils eine gekoppelte niederohmige und eine hochohmige Leitung mit einer elektrischen Länge  
30 von kleiner  $\lambda/4$  aufweisen. Ferner ist ein induktives Bauelement vorgesehen, das zwischen die symmetrischen Leitungszweige geschaltet ist. Vor dem Ausgangstor befinden sich zwei  
35

weitere Serienelemente in Form zweier Resonatoren oder in der Form von Hochfrequenzleitungspaaren, die jeweils eine gekoppelte niederohmige und eine hochohmige Leitung mit einer elektrischen Länge von kleiner  $\lambda/4$  aufweisen.

5

Ein sechstes Ausführungsbeispiel betrifft ein Bandpassfilter mit einem Eingang und einem Ausgang aus einem unsymmetrischen und einem symmetrischen Mikrowellentor. Hinter dem Eingangstor befinden sich  $n$  ( $n = 1, 2, \dots$ ) gespiegelte C-Glieder.

10

Die C-Glieder umfassen je zwei Serienelemente in Form zweier Resonatoren oder in Form von Hochfrequenzleitungspaaren, die jeweils eine gekoppelte niederohmige und eine hochohmige Leitung mit einer elektrischen Länge von kleiner  $\lambda/4$  aufweisen.

15

Diejenigen Serienelemente, die nicht am symmetrischen Tor angeschlossen sind, sind gegen ein Bezugspotential, wie z. B. Masse, geschaltet. Ein induktives Bauelement ist zwischen die symmetrischen Leitungszweige geschaltet. Vor dem Ausgangstor befinden sich zwei weitere Serienelemente in Form zweier Resonatoren oder in Form von Hochfrequenzleitungspaaren, die jeweils eine gekoppelte niederohmige und eine hochohmige Leitung mit einer elektrischen Länge von kleiner  $\lambda/4$  aufweisen.

20

Ein Vorteil der vorliegenden Erfindung besteht darin, dass aufgrund des erfindungsgemäßen Bandpassfilters, das bei spielsweise als LDC-Resonator-Bandpassfilter realisiert ist (LDC = Lumped Distributed Coupled = konzentriert verteilt gekoppelt) ein hoch integrierter Diplexer (Frequenzweiche) realisierbar ist, der den erforderlichen Eigenschaften hinsichtlich Durchgangsverlust und Selektionseigenschaften einschließlich einer Leistungsverträglichkeit von 36 dBm im Handsetgerät gerecht wird.

35

Ein weiterer Vorteil der vorliegenden Erfindung besteht darin, dass diese es ermöglicht, ein Bandpassfilter zu synthetisieren, das neben den herausstehenden Selektionseigenschaften eine Modenkonvertierung zwischen einem unsymmetrischen und einem symmetrischen Leitungsmodus durchführt. Realisiert man

dieses Filter mit gekoppelten Leitungen in einer Keramik, so erhält man einerseits aufgrund der geringen Anzahl von Leitungselementen als auch andererseits aufgrund der Tatsache, dass die Leitungen verkoppelt sind und somit sehr eng zusammen liegen, eine sehr große Packungsdichte.

Gemäß einem weiteren Vorteil der vorliegenden Erfindung ist es möglich, Resonatorfilter mit hoher Güte, wie beispielsweise SAW-Filter, mittels der erfindungsgemäßen Topologie deutlich zu verbessern, so dass bei gleicher Sperrisolation die Anzahl der erforderlichen Resonatoren geringer ist und somit neben einer Absenkung der Durchlassverluste gleichzeitig die Kosten für die Realisierung gesenkt werden. Ist eine Modenkonvertierung erforderlich, so benötigt man gemäß der vorliegenden Erfindung keine  $180^{\circ}$ -Leitung mehr. Die vorliegende Erfindung eröffnet daher die Möglichkeit, mit anderen Resonatoren hoher Güte, wie z. B. unter Verwendung von Quarzresonatoren und Bulk-Acoustic-Wave-Resonatoren (Bulk-Acoustic-Wave = akustische Volumenwelle), Bandpassfilter mit Modenkonvertierungseigenschaften zu realisieren.

Da gemäß der vorliegenden Erfindung keine zusätzlichen Leitungen erforderlich sind und die Phasengenauigkeit eines Resonators besser ist als die einer kurzen akustischen Leitung, ergeben sich bei Filtern gemäß der vorliegenden Erfindung prinzipbedingt geringere Durchlassverluste.

Gemäß einem weiteren Vorteil der vorliegenden Erfindung wird eine Topologie für ein Filter mit symmetrischen Ein- und Ausgängen geschaffen.

Bevorzugte Weiterbildungen der vorliegenden Anmeldung sind in den Unteransprüchen definiert.

Nachfolgend werden anhand der beiliegenden Zeichnungen bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein LDC-Resonator-Bandpassfilter mit Parallelresonatoren mit unsymmetrischem Eingangs- und Ausgangstor in Leitungstechnik;

5 Fig. 2 ein LDC-Resonator-Bandpassfilter mit Parallelresonatoren mit symmetrischem Eingangs- und Ausgangstor in Leitungstechnik;

10 Fig. 3 ein LDC-Resonator-Bandpassfilter mit Parallelresonatoren mit unsymmetrischem Eingangstor und symmetrischem Ausgangstor in Leitungstechnik;

15 Fig. 4 ein Resonatorbandpassfilter mit unsymmetrischem Eingangstor und symmetrischem Ausgangstor mit gekoppelten Resonatoren;

Fig. 5 ein Resonatorbandpassfilter mit Serienresonatoren mit unsymmetrischem Eingangs- und Ausgangstor in Leitungstechnik;

20 Fig. 6 ein Resonatorbandpassfilter mit Serienresonatoren mit symmetrischem Eingangs- und Ausgangstor in Leitungstechnik;

25 Fig. 7 ein Resonatorbandpassfilter mit unsymmetrischem Eingangstor und symmetrischem Ausgangstor in Leitungstechnik;

Fig. 8 eine schematische Darstellung der in den Schaltungen gemäß der vorliegenden Erfindung vorzugsweise verwendeten gekoppelten Hochfrequenzleitungen;

30 Fig. 9A den Verlauf von Reflexionsfaktor und Durchlassdämpfung für ein Bandpassfilter mit einer Impedanz von  $50\Omega$  an beiden Toren; und

35 Fig. 9B den Verlauf von Reflexionsfaktor und Durchlassdämpfung für ein Bandpassfilter mit einer Impedanz von  $50\Omega$  an einem ersten Tor und von  $25\Omega$  an einem zweiten Tor.

- Fig. 1 zeigt ein Resonatorbandpassfilter gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung mit unsymmetrischem Ein- und Ausgang. Das Resonatorbandpassfilter umfasst eine erste Resonatoreinrichtung 102 und eine zweite Resonatoreinrichtung 104. Die erste Resonatoreinrichtung 102 ist zwischen einen ersten Knoten 106 und einen zweiten Knoten 108 geschaltet. Die zweite Resonatoreinrichtung 104 ist zwischen einen dritten Knoten 110 und einen vierten Knoten 112 geschaltet. Das Resonatorbandpassfilter umfasst ferner ein Eingangstor 114, das einen ersten Eingangstorknoten 116 und einen zweiten Eingangstorknoten 118 umfasst. Ferner ist ein Ausgangstor 120 vorgesehen, das einen ersten Ausgangstorknoten 122 sowie einen zweiten Ausgangstorknoten 124 umfasst.
- Ferner umfasst das Resonatorbandpassfilter ein induktives Bauelement 126, z. B. in der Form einer Spule, das zwischen den ersten Knoten 106 und den dritten Knoten 110 geschaltet ist.
- Bei dem in Fig. 1 gezeigten Ausführungsbeispiel ist der erste Eingangstorknoten 116 mit dem ersten Knoten 106 und der erste Ausgangstorknoten 122 mit dem dritten Knoten 110 verbunden. Der zweite Knoten 108, der vierte Knoten 112, der zweite Eingangstorknoten 118 sowie der zweite Ausgangstorknoten 124 sind mit einem Bezugspotential 128, z. B. Masse, verbunden.

Das in Fig. 1 dargestellte Ausführungsbeispiel illustriert den topologischen Aufbau gemäß der vorliegenden Erfindung für den Fall, dass der Eingang 114 und der Ausgang 120 jeweils durch ein unsymmetrisches Mikrowellentor gebildet ist. Eine Großzahl der in der Praxis benutzten Leitungssysteme, wie z. B. Koaxialleitungen, Mikrostreifenleitungen und Streifenleitungen, sind unsymmetrische Systeme. In Fig. 1 ist eine einfache Realisierung unter Verwendung gekoppelter Hochfrequenzleitungen dargestellt. Die erste Resonatoreinrichtung 102 umfasst eine erste Hochfrequenzleitung 130 sowie eine zweite Hochfrequenzleitung 132, die seriell zwischen den ersten Kno-

ten 106 und den zweiten Knoten 108 geschaltet sind. Die zweite Resonatoren einrichtung umfasst eine dritte Hochfrequenzleitung 134 sowie eine vierte Hochfrequenzleitung 136, die seriell zwischen den dritten Knoten 110 und den vierten Knoten 112 geschaltet sind.

Wie aus Fig. 1 zu erkennen ist, ist das aus den Hochfrequenzleitungen 130 und 132 bestehende Leitungspaar parallel zu dem Eingangstor 114 angeordnet, ist also zwischen den Eingangsknoten 116 des Eingangstors 114 bzw. den ersten Knoten 106 und Masse 128 geschaltet, wobei die Hochfrequenzleitungen jeweils eine elektrische Länge aufweisen, die kleiner als  $\lambda/4$  ist, wobei  $\lambda$  die Wellenlänge der auf den Leitungen laufenden Wellen darstellt. Die erste Hochfrequenzleitung 130 hat einen optimierten, niederohmigen Wellenwiderstand  $Z_{130}$  und ist mit keiner anderen Leitung verkoppelt. Die erste Hochfrequenzleitung 130 hat eine kapazitive Wirkung. Anstelle der in Fig. 1 dargestellten Realisierung der Hochfrequenzleitung 130 kann dieselbe auch als leerlaufende, kurze Stichleitung ausgeführt sein, deren nicht-leerlaufendes Ende mit dem Knoten 106 verbunden ist, wobei in diesem Fall auch gleichzeitig der Eingang der zweiten Hochfrequenzleitung 132 mit dem Knoten 106 verbunden ist.

Die zweite Hochfrequenzleitung 132 hat einen optimierten hochohmigen Wellenwiderstand  $Z_{132}$ , der sich in der Regel vom Wellenwiderstand  $Z_{130}$  der ersten Hochfrequenzleitung unterscheidet. Die zweite Hochfrequenzleitung 132 ist elektromagnetisch mit der vierten Hochfrequenzleitung 136 verkoppelt, wie dies durch den Pfeil in Fig. 1 dargestellt ist.

Die dritte Hochfrequenzleitung 134 und die vierte Hochfrequenzleitung 136 sind parallel zu dem Ausgangstor 120 angeordnet, sind also zwischen dem Ausgangsknoten 122 des Ausgangstors 120 bzw. dem dritten Knoten 110 und Masse 128 angeordnet. Zwischen den beiden Toren 114 und 120 ist zwischen dem Knoten 106 und 110 das induktive Bauelement 126 angeordnet.

net. Das induktive Bauelement kann als konzentriertes Bauelement, z. B. als SMD-Bauelement, SMD = Surface Mounted Device = oberflächenbefestigbares Bauelement), oder als Leitungsbau-element realisiert sein.

5

Unter der Annahme, dass die beiden Mikrowellentore 114 und 120 die gleiche Referenzimpedanz aufweisen, muss die dritte Hochfrequenzleitung 134 hinsichtlich Wellenwiderstand und elektrischer Länge der ersten Hochfrequenzleitung 130 entsprechen. Gleiches gilt für die Hochfrequenzleitungen 132 und 136. In diesem Fall muss die Filterschaltung bezüglich der Mittelachse 138 spiegelsymmetrisch sein. Bei beliebigen Referenzimpedanzen an den beiden Toren 114 und 120 kann das erfundungsgemäße Filter zur Impedanztransformation verwendet werden, wobei in diesem Fall die Symmetrieeigenschaften nicht mehr gegeben sind. Unter Verwendung des Filters kann beispielsweise ein hochintegrierter Diplexer realisiert werden.

Um unter Verwendung des Filters aus Fig. 1 bessere Selektionseigenschaften zu erzielen, sind alternierend zusätzliche serielle induktive Bauelemente und Leitungspaare, die gegen das Bezugspotential verschaltet sind, einzufügen. Es müssen jedoch nicht sämtliche hochohmigen Leitungen der Leitungspaa-re miteinander koppeln. Je größer der Anteil der verkoppelten Leitung ist, desto besser sind jedoch die Selektionseigen-schaften.

- Anstelle der kapazitiv wirkenden Hochfrequenzleitungen 130 und 134 können auch konzentrierte Kondensatoren eingesetzt werden, die zwischen den Knoten 106 bzw. 110 und das Bezugspotential 128 geschaltet sind, wobei in diesem Fall die zweiten Hochfrequenzleitungen 132 und 136 direkt mit dem ersten Knoten 106 bzw. 110 verbunden sind.
- 35 Anstelle der in Fig. 1 gezeigten Leitungspaa-re können auch alle anderen Resonatoren eingesetzt werden, sofern sich diese miteinander verkoppeln lassen und im Durchlassbereich eine

Parallelresonanz, ein Sperrverhalten, aufweisen. Beispiele für solche Resonatoren sind Oberflächenwellenresonatoren (SAW-Resonatoren), Quarzresonatoren, dielektrische Resonatoren, akustische Volumenwellen-Resonatoren und ähnliche.

5 In Fig. 2 ist ein Resonatorbandpassfilter gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung dargestellt, das einen symmetrischen Eingang/Ausgang aufweist. In Fig. 2 sind Komponenten, die anhand der Fig. 1 beschrieben 10 wurden, mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

Bei dem in Fig. 2 dargestellten Ausführungsbeispiel ist, anders als in Fig. 1, der zweite Eingangstorknoten 118, der zweite Knoten 108, der vierte Knoten 112 und der zweite Ausgangstorknoten 124 nicht mit einem Bezugspotential verbunden. 15 Vielmehr ist der erste Eingangstorknoten 118 mit dem zweiten Knoten 108 verbunden und der zweite Ausgangstorknoten 124 ist mit dem vierten Knoten 112 verbunden. Zusätzlich ist zwischen dem zweiten Knoten 108 und dem vierten Knoten 112 ein weiteres induktives Bauelement 140 angeordnet. Ferner umfasst die 20 erste Resonatoreinrichtung 102 zusätzlich eine fünfte Hochfrequenzleitung 142, wobei die Hochfrequenzleitungen 130, 132 und 142 der ersten Resonatoreinrichtung 102 zwischen den ersten Knoten 106 und den zweiten Knoten 108 geschaltet sind. 25 Ebenso umfasst die zweite Resonatoreinrichtung 104 eine weitere, sechste Hochfrequenzleitung 144. Die Hochfrequenzleitungen 134, 136 und 144 der zweiten Resonatoreinrichtung 104 sind seriell zwischen den dritten Knoten 110 und den vierten Knoten 112 geschaltet.

30 In Fig. 2 ist ein Bandpassfilter dargestellt, bei dem das Eingangstor 114 und das Ausgangstor 120 jeweils ein symmetrisches Mikrowellentor sind. Die Filtertopologie ist in diesem Fall derart, dass hinter dem Eingangstor 114 zwei in Serie 35 geschaltete Leitungspaare vorgesehen sind, die aus der kapazitiven Hochfrequenzleitung 130, der doppelten induktiven Leitung 132 und der weiteren kapazitiven Leitung 142 besteht,

wobei die zweite Hochfrequenzleitung 132 bei diesem Ausführungsbeispiel eine Länge von etwa  $\lambda/2$  hat. Im weiteren weist die dargestellte Topologie die zwei seriellen induktiven Baulemente 126 und 140 auf sowie das weitere doppelte Leitungspaar bestehend aus den Hochfrequenzleitungen 134, 136 und 144, die ähnlich den Leitungen 130, 132 und 142 durch zwei kapazitive Leitungen 134 und 144 sowie eine induktive Leitung 136 mit einer Länge von etwa  $\lambda/2$  gebildet sind. Die induktiven Leitungen 132 und 136 sind elektromagnetisch verkoppelt, wie durch den Pfeil in Fig. 2 zu erkennen ist. Die erste Hochfrequenzleitung 130, die fünfte Hochfrequenzleitung 142, die dritte Hochfrequenzleitung 134 und die sechste Hochfrequenzleitung 144 sind niederohmige Leitungen, wohingegen die zweite Hochfrequenzleitung 132 und die vierte Hochfrequenzleitung 136 hochohmige Leitungen sind.

Das besondere an der in Fig. 2 dargestellten Topologie ist, dass diese bezüglich der horizontalen Mittelachse 146 spiegelsymmetrisch ist, d. h., dass z. B. die induktiven Bauelemente 126 und 140, die beispielsweise durch Spulen gebildet sind, und auch die Hochfrequenzleitungen 130 und 142 bzw. die Hochfrequenzleitungen 134 und 144 im elektrischen Verhalten einander gleichen.

- Unter der Annahme, dass die beiden Tore 114 und 120 eine identische Referenzimpedanz aufweisen, ist die Filterschaltung bezüglich der vertikalen Mittelachse 138 spiegelsymmetrisch, d. h., dass die dritte Hochfrequenzleitung 134 bezüglich deren Wellenwiderstand und elektrischer Länge der erste Hochfrequenzleitung 130 entspricht. Gleiches gilt für die zweite Hochfrequenzleitung 132 und die vierte Hochfrequenzleitung 136, für die fünfte Hochfrequenzleitung 142 und die sechste Hochfrequenzleitung 144 sowie für die Spulen 126 und 140.
- Bei beliebigen Torimpedanzen kann das Filter für eine Impedanztransformation herangezogen werden, wobei in diesem Fall die Symmetrieeigenschaften nicht mehr gegeben sind.

Ist es erwünscht, die Selektionseigenschaften der Filteranordnung in Fig. 2 zu verbessern, so sind alternierend zusätzliche serielle induktive Bauelemente und Leitungspaare vorzu-  
5 sehen, die zwischen die symmetrischen Leitungen 148 und 150, die die jeweiligen Eingangsknoten mit den jeweiligen Aus-  
gangsknoten verbinden, geschaltet werden.

Es ist nicht erforderlich, dass alle hochohmigen Leitungen  
10 miteinander gekoppelt sind, doch sind die Selektionseigen-  
schaften um so besser, je größer der Anteil der verkoppelten  
Leitungen ist.

Anstelle der kapazitiv wirkenden Hochfrequenzleitungen 130  
15 und 134 sowie 142 und 144 können auch konzentrierte Kondensatoren vorgesehen sein, die zwischen die Signalleitung und  
Masche geschaltet sind. In diesem Fall sind die zweite Hochfrequenzleitung 132 und die vierte Hochfrequenzleitung 136  
direkt mit dem ersten Knoten 106 und dem zweiten 108 bzw. dem  
20 dritten Knoten 110 und dem vierten Knoten 112 verbunden.

Statt den oben beschriebenen verkoppelten Leitungspaaren kön-  
nen auch alle anderen Resonatoren eingesetzt werden, sofern  
diese miteinander verkoppelbar sind und im Durchlassbereich  
25 eine parallele Resonanz (Sperrverhalten) aufweisen.

In Fig. 3 ist ein Resonatorbandpassfilter mit einem symmetrischen und einem unsymmetrischen Tor gezeigt, wobei bereits in den vorhergehenden Figuren beschriebene Elemente mit den  
30 gleichen Bezugszeichen versehen sind.

Anders als in Fig. 2 ist bei diesem Ausführungsbeispiel des Resonatorbandpassfilters der zweite Eingangsknoten 118 des Eingangstors 114 mit einem Bezugspotential 128, z. B. Masse, verbunden. Der zweite Knoten 108 ist über die weiteren induktiven Bauelemente 140 nur mit dem zweiten Ausgangsknoten 124 verbunden.  
35

Das in Fig. 3 dargestellte Bandpassfilter illustriert den Fall, bei dem das Eingangstor 114 ein unsymmetrisches Tor ist und bei dem das Ausgangstor 120 ein symmetrisches Tor ist.

- 5 Die Filtertopologie besteht in diesem Fall darin, dass hinter dem Eingangstor 114 zwei in Serie geschaltete Leitungspaare als erste Resonatoreinrichtung 102 sowie ein weiteres doppeltes Leitungspaar als zweite Resonatoreinrichtung 104 vorgesehen sind, die durch die zwei seriellen induktiven Bauelemente  
10 126 und 140 verbunden sind. Die Leitungspaare der ersten Resonatoreinrichtung 102 und der zweiten Resonatoreinrichtung 104 umfassen jeweils eine erste kapazitive Hochfrequenzleitung 130 bzw. 134, eine doppelte induktive Hochfrequenzleitung 132 bzw. 136 mit einer ungefähren Länge von  $\lambda/2$  und einer zusätzlichen kapazitiven Hochfrequenzleitung 142 bzw.  
15 144.

Das besondere an dieser Topologie besteht darin, dass die Filterschaltung bezüglich der horizontalen Mittelachse 146  
20 spiegelsymmetrisch ist. Für beliebige Torimpedanzen kann das in Fig. 3 gezeigte Filter für Impedanztransformationen herangezogen werden, wobei die Symmetrieeigenschaften bzgl. der vertikalen Achse 138 dann nicht mehr gegeben sind.

- 25 Sollen die Filtereigenschaften, z. B. die Selektionseigenschaften dieses Filters verbessert werden, so sind alternierend zusätzliche serielle induktive Bauelemente und doppelte Leitungspaare, die zwischen die symmetrischen Leitungen 148 und 150 zu schalten sind, vorzusehen. Zwar müssen nicht sämtliche hochohmigen Leitungen miteinander koppeln, jedoch  
30 verbessern sich die Selektionseigenschaften mit zunehmender Anzahl der verkoppelten Leitungen.

Statt den kapazitiven und verkoppelten Leitungen können auch  
35 sämtliche anderen Resonatoren eingesetzt werden, die miteinander verkoppelbar sind und im Durchlassbereich eine Parallelresonanz aufweisen.

Eine derartige Anordnung ist beispielhaft in Fig. 4 dargestellt, bei der die erste Resonatoreinrichtung 102 einen ersten Resonator 152 und einen zweiten Resonator 154 aufweist, 5 die seriell zwischen den ersten Knoten 106 und den zweiten Knoten 108 geschaltet sind. Die zweite Resonatoreinrichtung 104 umfasst einen dritten Resonator 156 und einen vierten Resonator 158, die seriell zwischen den dritten Knoten 110 und den vierten Knoten 112 geschaltet sind. Zusätzlich ist bei 10 dem in Fig. 4 dargestellten Ausführungsbeispiel eine dritte Resonatoreinrichtung 160 vorgesehen, die einen fünften Resonator 162 und einen sechsten Resonator 164 umfasst, die seriell zwischen einen fünften Knoten 166 und einen sechsten Knoten 168 geschaltet sind. Zusätzlich sind weitere induktive Bauelemente 170, 172 vorgesehen, die zwischen den dritten Knoten 110 und den fünften Knoten 166 bzw. zwischen den vierten Knoten 112 und den sechsten Knoten 168 geschaltet sind. Wie durch die Pfeile in Fig. 4 angedeutet ist, sind die einzelnen Resonatoren miteinander verkoppelt. Alternativ kann 20 die dritte Resonatoreinrichtung 160 sowie die zusätzlichen induktiven Bauelemente 170 und 172 weggelassen werden, und in diesem Fall ergibt sich eine Anordnung ähnlich der in Fig. 3, bei der anstelle der Hochfrequenzleitungen die in Fig. 4 gezeigten Resonatoreinrichtungen mit den jeweils zwei Resonatoren, die jeweils miteinander gekoppelt sind, Verwendung finden. 25

Die Art der Verkopplung der Resonatoren, im allgemeinen handelt es sich hierbei um eine Energieverkopplung, hängt ganz 30 von der Art der Realisierung des Resonators ab. Verwendet man z. B. SAW-Resonatoren, so wird die Kopplung über akustische Wellen bewirkt. Die Koppelkoeffizienten müssen einen optimierten Betrags- und Phasenwert aufweisen, dessen Wertebereich sich durch eine Vorgabe der Spulenwerte variieren 35 lässt.

Anhand der Fig. 1 bis 4 wurden im vorhergehenden Ausführungsbeispiele für bevorzugte Resonatorbandpassfilter beschrieben, bei denen die Resonatoreinrichtungen eine Parallelresonanz im Durchlassbereich aufweisen. Nachfolgend werden anhand der 5 Fig. 5 bis 7 bevorzugte Ausführungsbeispiele von Resonatorbandpassfiltern beschrieben, die im Durchlassbereich eine Serienresonanz (Durchlassverhalten) aufweisen. Anhand der Fig. 5 bis 7 werden sogenannte Komplementärstrukturen zu den anhand der Fig. 1 bis 3 beschriebenen Filter erläutert.

10

In Fig. 5 ist ein Resonatorbandpassfilter dargestellt, das eine erste Resonatoreinrichtung 202 und eine zweite Resonatoreinrichtung 204 umfasst. Die erste Resonatoreinrichtung ist zwischen einen ersten Knoten 206 und einen zweiten Knoten 208 geschaltet. Die zweite Resonatoreinrichtung 204 ist zwischen den zweiten Knoten und einen dritten Knoten 210 geschaltet. Ferner umfasst die Filteranordnung einen vierten Knoten 212. Ein Eingangstor 214 umfasst einen ersten Eingangstorknoten 216, der mit dem ersten Knoten 206 verbunden ist, sowie einen 15 zweiten Eingangstorknoten 218. Ein Ausgangstor 220 umfasst einen ersten Ausgangstorknoten 222, der mit dem dritten Knoten 210 verbunden ist, und einen zweiten Ausgangstorknoten 224. Zwischen dem zweiten Knoten 208 und dem vierten Knoten 212 ist ein induktives Bauelement 226, z. B. in der Form einer Spule, angeordnet. Der vierte Knoten 212 sowie der zweite Eingangstorknoten 218 und der zweite Ausgangstorknoten 224 sind mit einem Bezugspotential 228, z. B. Masse, verbunden. Die erste Resonatoreinrichtung 202 umfasst eine erste Hochfrequenzleitung 230 und eine zweite Hochfrequenzleitung 232, 20 die seriell zwischen den ersten Knoten 206 und den zweiten Knoten 208 geschaltet sind. Die zweite Resonatoreinrichtung 204 umfasst eine dritte Hochfrequenzleitung 234 und eine vierte Hochfrequenzleitung 236, die seriell zwischen den dritten Knoten 210 und den zweiten Knoten 208 geschaltet 25 sind.

35

In Fig. 5 ist der topologische Aufbau dargestellt, für den Fall, dass der Eingang 214 und der Ausgang 220 jeweils ein unsymmetrisches Mikrowellentor sind. In Fig. 5 ist eine einfache Realisierung unter Verwendung gekoppelter Hochfrequenzleitungen dargestellt. Hinter dem Eingang 214 ist die gekoppelte niederohmige Hochfrequenzleitung 230 vorgesehen, wobei die elektrischen Längen der gekoppelten Leitungen kleiner als  $\lambda/4$  sind. Ferner ist eine hochohmige Leitung 132 mit einer elektrischen Länge von kleiner als  $\lambda/4$  vorgesehen. Vor dem Ausgang 220 ist eine gekoppelte niederohmige Leitung 234 sowie eine hochohmige Leitung 236, deren Längen den Leitungen 230 und 232 entsprechen, vorgesehen. Zwischen den Leitungspaaren ist die Spule 226 gegen das Bezugspotential 228 geschaltet.

Die Hochfrequenzleitung 230 hat eine kapazitive Wirkung. Die zweite Hochfrequenzleitung 232 hat einen optimierten Wellenwiderstand  $Z_{232}$ , der sich in der Regel vom Wellenwiderstand  $Z_{230}$  der ersten Hochfrequenzleitung 230 dadurch unterscheidet, dass er hochohmiger ist. Die zweite Hochfrequenzleitung 232 hat ferner eine optimierte Länge und ist elektromagnetisch mit der vierten Hochfrequenzleitung 236 gekoppelt.

Die Hochfrequenzleitungen 234 und 236 entsprechen hinsichtlich ihrer Länge und ihrem Wellenwiderstand vorzugsweise den Hochfrequenzleitungen 230 und 232. Die Hochfrequenzleitungen 234 und 236 befinden sich zwischen dem Ausgangstor 224 und dem zweiten Knoten 208 und zwischen den Hochfrequenzleitungen 232 und 236 befindet sich das induktive Bauelement 226, das gegen das Bezugspotential 228 verschaltet ist und beispielsweise als Leitungsbauelement oder konzentriertes Bauelement realisiert ist, wobei in diesem Fall das induktive Bauelement als SMD-Bauelement realisiert ist (SMD = Surface Mounted Device = oberflächenbefestigbares Bauelement).

Unter der Annahme, dass die beiden Anschlusstore 214 und 220, welche beispielsweise Mikrowellentore sein können, die glei-

che Referenzimpedanz aufweisen, muss die erste Hochfrequenzleitung 230 hinsichtlich ihres Wellenwiderstands und der elektrischen Länge der dritten Hochfrequenzleitung 234 entsprechen. Gleiches gilt für die Hochfrequenzleitungen 232 und 5 236. In diesem Fall muss die Filterschaltung bezüglich der vertikalen Mittelachse 238 spiegelsymmetrisch sein.

Bei beliebigen Referenzimpedanzen der beiden Tore 214 und 220 kann die Filterschaltung zur Impedanztransformation herangezogen werden, wobei in diesem Fall die Symmetrieeigenschaften 10 nicht mehr vorliegen.

Sofern eine Verbesserung der Selektionseigenschaften der in Fig. 5 gezeigten Filteranordnung erwünscht ist, müssen alternierend zusätzliche Serienleitungen und induktive Bauelemente, die gegen Masse geschaltet sind, eingefügt werden. Zwar müssen nicht sämtliche hochohmigen Leitungen miteinander koppeln, jedoch ergibt sich eine Verbesserung der Selektionseigenschaften mit zunehmendem Anteil der verkoppelten Leitungen. 15 20

Hinsichtlich der in den Resonatoreinrichtungen 202 und 204 vorgesehenen Hochfrequenzleitungen 230, 232, 234 und 236 wird darauf hingewiesen, dass die Leitungen auch in, verglichen 25 mit Fig. 5, umgekehrter Reihenfolge angeordnet sein können. Ferner kann jede Resonatoreinrichtung eine beliebige Anzahl von verkoppelten und/oder unverkoppelten Hochfrequenzleitungen umfassen.

30 Anstelle der in Fig. 5 beschriebenen Leitungen können auch alle anderen Resonatoren eingesetzt werden, sofern diese miteinander verkoppelbar sind und im Durchlassbereich eine Serienresonanz (Durchlassverhalten) aufweisen. Die in Fig. 5 gezeigte Topologie ist eine sogenannte Komplementärstruktur 35 zu der in Fig. 1 beschriebenen Struktur.

Anhand der Fig. 6 wird ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Filteranordnung beschrieben, bei der, verglichen mit Fig. 5, beide Tore 214 und 220 symmetrische Tore sind. Die in Fig. 6 gezeigte Anordnung umfasst parallel zu der symmetrischen Leitung 250 eine dritte Resonatoreinrichtung 248 in der symmetrischen Leitung 280 und eine vierte Resonatoreinrichtung 282. 5 Die dritte Resonatoreinrichtung 280 ist zwischen den vierten Knoten 212 und einen fünften Knoten 284 geschaltet und die vierte Resonatoreinrichtung 282 ist zwischen den vierten Knoten 212 und einen sechsten Knoten 286 geschaltet. Der fünfte Knoten 284 ist mit dem zweiten Eingangsknoten 218 verbunden und der sechste Knoten 286 ist mit dem zweiten Ausgangsknoten 224 verbunden.

10 15 Die dritte Resonatoreinrichtung 280 umfasst eine fünfte Hochfrequenzleitung 288 und eine sechste Hochfrequenzleitung 290, die seriell zwischen dem fünften Knoten 284 und dem zweiten Knoten 212 angeordnet sind. Die vierte Resonatoreinrichtung 282 umfasst eine siebte Hochfrequenzleitung 292 und eine achte Hochfrequenzleitung 294, die seriell zwischen den sechsten Knoten 286 und den vierten Knoten 212 geschaltet sind. Wie durch den Pfeil in Fig. 6 zu erkennen ist, sind die Hochfrequenzleitungen 290 und 294 elektromagnetisch verkoppelt.

20 25 Fig. 6 zeigt eine Bandpassfilteranordnung, bei der die Eingangs- und Ausgangstore 214 und 220 jeweils ein symmetrisches Tor, z. B. ein Mikrowellentor, sind. Die Filtertopologie besteht in diesem Fall darin, dass hinter dem Eingangstor 214 zwei doppelte Serienleitungen mit einer Länge von weniger als  $\lambda/4$  geschaltet sind, die hier durch die Leitungen 230, 232, 288 und 290 gebildet sind. Ferner ist das parallele induktive Bauelement 226 sowie zwei weitere Leitungspaare, die durch die Hochfrequenzleitungen 234, 236, 292, 294 gebildet sind, vorgesehen. Das besondere an dieser Topologie ist, dass die 30 35 Filterschaltung bezüglich der horizontalen Mittelachse 246 spiegelsymmetrisch ist, d. h. die Längen und Wellenwiderstände

de der oberen Leitungen 230 bis 236 gleichen den Längen und Wellenwiderständen der unteren Leitungen 288 bis 294.

Unter der Annahme, dass die beiden Tore 214 und 220 die gleiche Referenzimpedanz aufweisen, muss die Schaltung auch bezüglich der vertikalen Mittelachse 238 spiegelsymmetrisch sein, d. h., dass die Hochfrequenzleitung 230 hinsichtlich ihres Wellenwiderstands und ihrer elektrischen Länge der Hochfrequenzleitung 234 entspricht. Gleiches gilt für die Hochfrequenzleitungen 232, 288, 290, die hinsichtlich ihrer Wellenwiderstände und elektrischen Längen den Hochfrequenzleitungen 236, 292 und 294 gleichen.

Bei beliebigen Torimpedanzen kann die Filteranordnung zur Impedanztransformation herangezogen werden, wobei in diesem Fall die oben erwähnten Symmetrieeigenschaften nicht mehr gegeben sind.

Soll eine Verbesserung der Selektionseigenschaften der Filteranordnung erreicht werden, so müssen alternierend zusätzlich Serienleitungen und induktive Bauelemente, die zwischen die symmetrischen Leitungen 248 und 250 geschaltet werden, eingefügt werden. Obwohl nicht sämtliche Leitungen miteinander koppeln müssen, lässt sich die Selektionseigenschaft mit steigendem Anteil der verkoppelten Leitungen weiter verbessern.

Die in Fig. 6 dargestellte Reihenfolge der Leitungen in den einzelnen Resonatoreinrichtungen 202, 204, 280 und 282 kann auch vertauscht sein. Ferner können in den Resonatoreinrichtungen eine beliebig große Anzahl verkoppelter und/oder unverkoppelter Hochfrequenzleitungen vorgesehen sein.

Anstelle der in Fig. 6 beschriebenen verkoppelten Leitungen können auch alle anderen Resonatoren eingesetzt werden, sofern sich diese miteinander verkoppeln lassen und im Durch-

lassbereich eine Serienresonanz (ein Durchlassverhalten) aufweisen.

5 In Fig. 7 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Resonatorbandpassfilters dargelegt, bei dem das Eingangstor ein unsymmetrisches Tor und das Ausgangstor ein symmetrisches Tor ist.

10 Im wesentlichen entspricht die Struktur der Schaltung in Fig. 7 derjenigen aus Fig. 6, wobei hier jedoch, anders als in Fig. 6, der zweite Eingangstorknoten 218 mit dem Bezugspotential 228, z. B. Masse, verbunden ist. Ebenso ist der fünfte Knoten 284 mit dem Bezugspotential 228 verbunden. Mit andern Worten erstreckt sich, im Gegensatz zu Fig. 6, hier nur die 15 erste symmetrische Leitung 248 zwischen dem Eingangstor und dem Ausgangstor, wohingegen sich die zweite symmetrische Leitung 250 von dem zweiten Ausgangstorknoten 224 über die Knoten 286, 212 und 284 zum Bezugspotential 228 erstreckt.

20 Bei dem in Fig. 7 dargestellten Bandpassfilter ist der Eingangsanschluss 214 ein unsymmetrisches Tor und der Ausgangsanschluss 220 ist ein symmetrisches Tor. Die Filtertopologie besteht in diesem Fall darin, dass hinter dem Eingangstor 214 zwei Leitungspaare (Hochfrequenzleitungen 230, 232, 288, 250), ein paralleles induktives Bauelement 226 und zwei weitere Leitungspaare (Hochfrequenzleitungen 234, 236, 292, 294) geschaltet sind.

30 Das besondere an dieser Topologie besteht darin, dass die Filterschaltung bezüglich der horizontalen Mittelachse 264 spiegelsymmetrisch ist, d. h., dass sich die oberen Leitungen 230 bis 236 und die unteren Leitungen 288 bis 294 hinsichtlich ihres elektrischen Verhaltens, Wellenlänge und elektrische Länge, gleichen.

35 Unter der Annahme, dass die Impedanz des Eingangstors 214 der Hälfte der Impedanz des Ausgangstors 220 entspricht, muss die

Hochfrequenzleitung 230 hinsichtlich ihres Wellenwiderstands und ihrer elektrischen Länge der Hochfrequenzleitung 234 entsprechen. Gleiches gilt für die Hochfrequenzleitungen 232, 288 und 290, die hinsichtlich ihrer elektrischen Eigenschaften den Hochfrequenzleitungen 236, 292 und 294 entsprechen müssen. Die Schaltung muss also bezüglich der vertikalen Mittelachse 238 symmetrisch sein.

Unter der Annahme beliebiger Torimpedanzen am Eingangstor 214 und 220 kann das Filter zur Impedanztransformation herangezogen werden, wobei in diesem Fall die oben erwähnten Symmetrieeigenschaften nicht mehr gegeben sind.

Zur Verbesserung der Filtereigenschaften, wie beispielsweise der Selektionseigenschaften, müssen alternierend zusätzliche Serienleitungen und induktive Bauelemente, die zwischen die symmetrischen Leitungen 248 und 250 geschaltet sind, eingefügt werden. Obwohl nicht sämtliche hochohmigen Leitungen miteinander koppeln müssen, lässt sich die Selektionseigenschaft des Filters abhängig von der Anzahl der verkoppelten Leitungen verbessern.

Wie auch bei den Ausführungsbeispielen, die anhand der Fig. 5 und 6 beschrieben wurden, können bei den Resonatoreinrichtungen die Reihenfolge der Hochfrequenzleitungen umgedreht werden. Ferner können die Resonatoreinrichtungen eine beliebig große Anzahl verkoppelter und/oder unverkoppelter Hochfrequenzleitungen aufweisen.

Anstelle der verkoppelten Leitungen 230 bis 236 und 288 bis 294 können auch alle anderen Resonatoren eingesetzt werden, sofern sich diese miteinander verkoppeln lassen und im Durchlassbereich eine Serienresonanz (Durchlassverhalten) aufweisen.

35

Hinsichtlich der oben anhand der Fig. 1 bis 7 näher beschriebenen Ausführungsbeispiele wird darauf hingewiesen, dass für

sämtliche Filteranordnungen gilt, dass für die elektromagnetische Kopplung beide möglichen Richtungen benutzt werden können. Oft werden diese Verkopplungen mit einem Punkt am Bauelement (Leitung oder Spule) gekennzeichnet. In diesem Fall können die beiden Punkte links bzw. rechts oder innen bzw. außen liegen.

Generell gilt für alle oben beschriebenen Ausführungsbeispiele, dass das Eingangstor 114, 214 und das Ausgangstor 120, 220 immer vertauscht werden können. Anstatt der kapazitiv wirkenden Leitungen können konzentrierte Kapazitäten in der Form von Chipkondensatoren oder ähnlichem eingesetzt werden, wobei im Fall der anhand der Fig. 1 bis 3 beschriebenen Ausführungsbeispiele diese Kondensatoren zwischen die Signalleitung und Masse geschaltet sind, und im Fall der anhand der Fig. 5 bis 7 beschriebenen Ausführungsbeispiele diese Kondensatoren seriell verschaltet sind.

Es wird darauf hingewiesen, dass es sich bei den beschriebenen Eingangs/Ausgangstoren nicht um Mikrowellentore handeln muss, sondern dass jedes in der allgemeinen Netzwerktheorie definierte Tor umfasst ist. Setzt man Quarzresonatoren ein, so kann man die erfindungsgemäße Topologie auch bei tiefen Frequenzen nutzen. Verwendet man optische Resonatoren, so kann man das Konzept auch in der Optik einsetzen.

Der Aufbau aus Serienleitungen bzw. Serienresonatoren und Parallelleitungen bzw. Parallelresonatoren kann ab der minimalen Ausbaustufe der oben beschriebenen Grundzellen mit drei Elementen auch miteinander in einer Kettenschaltung zusammengefügt werden. Einige Filter weisen eine Serien- und Parallelresonanz auf, die sehr nahe zusammen liegen, so dass für derartige Filter eine Resonatorzelle für die beiden Einsatzfälle verwendet werden kann.

Die in den in den Fig. 1 bis 3 beschriebenen Ausführungsbeispielen verwendeten gekoppelten Hochfrequenzleitungen 232 und

236 können halbiert werden, und das in den Fig. 5 bis 7 beschriebene induktive Bauelement 246 kann durch zwei induktive Bauelemente mit dem doppelten Wert ersetzt werden, und dann werden diese für die Schaltungen mit symmetrischen Toren in der Symmetrieebene 246 mit Masse kontaktiert, wodurch man die symmetrischen Leitungssysteme in eine Symmetrie gegen Masse legt.

Die kapazitiven Leitungen der Resonatoren, nämlich die Leitungen 130, 230, 134, 234, 142, 288 und 144, 292, werden vorteilhafterweise durch zwei übereinander liegende, niederohmige Leitungen realisiert.

Bei den oben beschriebenen Schaltungen gemäß der vorliegenden Erfindung sind die kapazitiven Leitungen der Resonatoren, nämlich die Leitungen 130, 230, 134, 234, 142, 288 und 144, 292, werden durch zwei übereinander liegende, niederohmige Leitungen realisiert.

Fig. 8 zeigt schematisch eine gekoppelte Hochfrequenzleitung. Zwischen einem ersten Tor, das durch die Anschlüsse n1 und n2 gebildet ist, und einem zweiten Tor, das durch die Anschlüsse n3 und n4 gebildet ist, ist die gekoppelte Hochfrequenzleitung 300 angeordnet. Die Hochfrequenzleitung 300 umfasst eine erste Leitung 302 und eine parallel dazu angeordnete zweite Leitung 304, die beide in einem isolierenden Gehäuse 306, das mit einem Bezugspotential, z.B. Masse, verbunden ist, angeordnet sind. Die erste Leitung 302 ist zwischen den Anschluss n1 und den Anschluss n4 geschaltet, und die zweite Leitung 302 ist zwischen den Anschluss n2 und den Anschluss n3 geschaltet. Die Leitungen 302 haben eine Länge, die mit „P“ bezeichnet ist, eine Breite, die mit „W“ bezeichnet ist, und einen vertikalen Abstand von den durch das Gehäuse 306 gebildeten Masseflächen, der mit S bezeichnet ist. Die Längen und Breiten der Leitungen 302 und 304 sind vorzugsweise gleich.

Die kapazitiven Leitungen 130, 230, 134, 234, 142, 288 und 144, 292 der Resonatoren sind durch die Leitungen 302 und 304 realisiert. Bei den verkoppelten Leitungen der Resonatoren sind die Hochfrequenzleitungen 132, 232, und 290 durch die erste Leitung 302 und die Hochfrequenzleitungen 136, 236 und 294 durch die zweite Leitung 304 gebildet.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel haben die anhand der Fig. 1 bis 7 beschriebenen Bandpassfilter einen Durchlassbereich von etwa 1,7 GHz bis etwa 2,0 GHz. Die Resonatoren weisen die anhand der Fig. 8 beschriebenen Leitungen auf, und deren Elemente sind für diesen Frequenzbereich optimiert.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung, bei dem an den Toren der Schaltungen gleiche Impedanzen vorliegen, z.B.  $50\Omega$ , liegt die Induktivität der verwendeten induktiven Bauelementen zwischen  $1nH$  und  $10nH$ , die Länge der kapazitiven Leitungen ist zwischen 0,1mm und 0,8mm, die Breite der gekoppelten Leitungen ist zwischen 0,1mm und 0,8mm, die Länge der gekoppelten Leitungen ist zwischen 3,0mm und 8mm, und die Breite der gekoppelten Leitungen ist zwischen 0,06mm und 0,2mm. Der Abstand der Leitungen von der Massefläche beträgt vorzugsweise etwa 0,02mm. Die kapazitiven Leitungen am Eingang und am Ausgang haben in diesem Fall gleiche Abmessungen.

Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung, bei dem an den Toren der Schaltungen unterschiedliche Impedanzen vorliegen, z.B.  $50\Omega$  und  $25\Omega$ , liegt die Induktivität der verwendeten induktiven Bauelementen zwischen  $1nH$  und  $10nH$ , die Länge der kapazitiven Leitungen ist zwischen 0,1mm und 0,8mm, die Breite der gekoppelten Leitungen ist zwischen 0,1mm und 0,8mm, die Länge der gekoppelten Leitungen ist zwischen 3,0mm und 8mm, und die Breite der gekoppelten Leitungen ist zwischen 0,06mm und 0,2mm. Der Abstand der Leitungen von der Massefläche beträgt vorzugsweise etwa 0,02mm.

Die kapazitiven Leitungen am Eingang und am Ausgang haben in diesem Fall nicht die gleichen Abmessungen.

Beispielhaft sei nun nochmals die Fig. 5 betrachtet. Es sei

5 angenommen, dass die kapazitiven Leitungen 230 und 234 jeweils durch eine der in Fig. 8 gezeigten Leitungen 300 gebildet seien. Die gekoppelten Leitungen 232, 236 sein durch eine gemeinsame Leitung 300 (Fig. 8) gebildet.

10 Unter der Annahme gleicher Impedanzen von  $50\Omega$  am Eingangstor 214 und am Ausgangstor 220 haben die Elemente die folgenden optimierten Werte für einen Durchlassbereich von 1,71GHz bis 1,99GHz:

15 Die Breiten „W“ der Leitungen des ersten Hochfrequenzleitungspaares 230 und die Breiten „W“ der Leitungen des zweiten Hochfrequenzleitungspaares 234 sind gleich und betragen 0,41296mm. Die Längen „P“ der Leitungen 302, 304 des ersten Hochfrequenzleitungspaares 230 und die Längen „P“ des zweiten Hochfrequenzleitungspaares 234 sind gleich und betragen 20 0,41296mm.

25 Die Breite „W“ der Hochfrequenzleitung 232 und die Breite „W“ des zweiten Hochfrequenzleitungspaares 236 sind gleich und betragen 0,06552mm. Die Länge „P“ der Hochfrequenzleitung 232 und die Länge der zweiten Hochfrequenzleitung 236 sind gleich und betragen 4,169mm.

Der Abstand aller Leitungen zu der Massefläche beträgt 30 0,02mm.

Das induktive Bauelement 226 hat eine Induktivität von 3,1891nH.

35 Die obigen Werte der Elemente ergeben sich aus einer Optimierung des Reflexionsfaktors und der Durchlassdämpfung im Durchlassbereich des Filters, mit  $S_{11} = -21\text{dB}$  und  $S_{21} = 0\text{dB}$  im

Durchlassbereich, und  $S_{21} = -22\text{dB}$  außerhalb des Durchlassbereichs. Fig. 9A zeigt den Verlauf von Reflexionsfaktor ( $S_{11}$ ) und Durchlassdämpfung ( $S_{21}$ ) über den Frequenzbereich von 0GHz bis 8GHz.

5

Unter der Annahme einer Impedanz von  $50\Omega$  am Eingangstor 214 und einer Impedanz von  $25\Omega$  am Ausgangstor 220 (oder umgekehrt) haben die Elemente die folgenden optimierten Werte für einen Durchlassbereich von 1,71GHz bis 1,99GHz (Impedanztransformation):

10

Die Breiten „W“ der Leitungen des ersten Hochfrequenzleitungspaares 230 betragen 0,49379mm, und die Breitren „W“ der Leitungen des zweiten Hochfrequenzleitungspaares 234 betragen 0,53553mm. Die Längen „P“ der Leitungen 302, 304 des ersten Hochfrequenzleitungspaares 230 betragen 0,49379mm, und die Längen „P“ des zweiten Hochfrequenzleitungspaares 234 betragen 0,53553mm.

15

Die Breite „W“ der Hochfrequenzleitung 232 und die Breite „W“ des zweiten Hochfrequenzleitungspaares 236 sind gleich und beträgt 0,10583mm. Die Länge „P“ der Hochfrequenzleitung 232 und die Länge der zweiten Hochfrequenzleitung 236 sind gleich und beträgt 3,576mm.

20

Der Abstand aller Leitungen zu der Massefläche beträgt 0,02mm.

25

Das induktive Bauelement 226 hat eine Induktivität von 2,5432nH.

30

Die obigen Werte der Elemente ergeben sich aus einer Optimierung des Reflexionsfaktors und der Durchlassdämpfung im Durchlassbereich des Filters, mit  $S_{11} = -21\text{dB}$  und  $S_{21} = 0\text{dB}$  im Durchlassbereich, und  $S_{21} = -22\text{dB}$  außerhalb des Durchlassbereichs. Fig. 9B zeigt den Verlauf von Reflexionsfaktor ( $S_{11}$ )

und Durchlassdämpfung ( $S_{21}$ ) über den Frequenzbereich von 0GHz bis 8GHz.

## Bezugszeichenliste

102, 202	erste Resonatoreinrichtung
104, 204	zweite Resonatoreinrichtung
106, 206	erster Knoten
108, 208	zweiter Knoten
110, 210	dritter Knoten
112, 212	vierter Knoten
114, 214	Eingangstor
116, 216	erster Eingangstorknoten
118, 218	zweiter Eingangstorknoten
120, 220	Ausgangstor
122, 222	erster Ausgangstorknoten
124, 224	zweiter Ausgangstorknoten
126, 226	induktives Bauelement
128, 228	Bezugspotential
130, 230	erste Hochfrequenzleitung
132, 232	zweite Hochfrequenzleitung
134, 234	dritte Hochfrequenzleitung
136, 236	vierte Hochfrequenzleitung
138, 238	vertikale Mittelachse
140	weiteres induktives Bauelement
142	fünfte Hochfrequenzleitung
144	sechste Hochfrequenzleitung
146, 246	horizontale Mittelachse
148, 248	erste symmetrische Leitung
150, 250	zweite symmetrische Leitung
152	erster Resonator
154	zweiter Resonator
156	dritter Resonator
158	vierter Resonator
160	dritte Resonatoreinrichtung
162	fünfter Resonator
164	sechster Resonator
166	fünfter Knoten
168	sechster Knoten
170	weiteres induktives Bauelement

172	weiteres induktives Bauelement
280	dritte Resonatoreninrichtung
282	vierte Resonatoreninrichtung
284	fünfter Knoten
286	sechster Knoten
288	fünfte Hochfrequenzleitung
290	sechste Hochfrequenzleitung
292	siebte Hochfrequenzleitung
294	achte Hochfrequenzleitung
300	Hochfrequenzleitung
302	erste Leitung
304	zweite Leitung
306	Gehäuse

**Patentansprüche****1. Filteranordnung mit**

- 5 einer ersten Resonatoreinrichtung (102), die zwischen einen ersten Knoten (106) und einen zweiten Knoten (108) geschaltet ist;
- 10 einer zweiten Resonatoreinrichtung (104), die zwischen einen dritten Knoten (110) und einen vierten Knoten (112) geschaltet ist, wobei die erste Resonatoreinrichtung (102) und die zweite Resonatoreinrichtung (104) verkoppelt sind; und
- 15 einem induktiven Bauelement (126), das zwischen den ersten Knoten (106) und den dritten Knoten (110) geschaltet ist.

2. Filteranordnung gemäß Anspruch 1, bei der die erste Resonatoreinrichtung (102) und die zweite Resonatoreinrichtung (104) im Durchlassbereich eine Parallelresonanz aufweisen und

20 gekoppelt sind.

3. Filteranordnung gemäß Anspruch 1 oder 2 mit einem ersten Tor (114) mit einem ersten Torknoten (116), der mit dem ersten Knoten (106) verbunden ist, und einem zweiten Torknoten (118), der mit einem Bezugspotential (128) verbunden ist, und

25 mit einem zweiten Tor (120) mit einem dritten Torknoten (122), der mit dem dritten Knoten (110) verbunden ist, und einem vierten Torknoten (124), der mit dem Bezugspotential (128) verbunden ist, wobei der zweite Knoten (108) und der

30 vierte Knoten (112) mit dem Bezugspotential (128) verbunden sind.

4. Filteranordnung gemäß Anspruch 1 oder 2 mit einem ersten Tor (114) mit einem ersten Torknoten (116), der mit dem ersten Knoten (106) verbunden ist, und einem zweiten Torknoten (118), der mit dem zweiten Knoten (108) verbunden ist, einem

35 zweiten Tor (120) mit einem dritten Torknoten (122), der mit

dem dritten Knoten (110) verbunden ist, und einem vierten Torknoten (124), der mit dem vierten Knoten (112) verbunden ist, und einem weiteren induktiven Bauelement (140), das zwischen den zweiten Knoten (108) und den vierten Knoten (112) geschaltet ist.

5. Filteranordnung gemäß Anspruch 1 oder 2 mit einem ersten Tor (114) mit einem ersten Torknoten (116), der mit dem ersten Knoten (106) verbunden ist, und einem zweiten Torknoten 10 (118), der mit einem Bezugspotential (128) verbunden ist, einem zweiten Tor (120) mit einem dritten Torknoten (122), der mit dem dritten Knoten (110) verbunden ist, und einem vierten Torknoten (124), der mit dem vierten Knoten (112) verbunden ist, und einem weiteren induktiven Bauelement (140), das zwischen den zweiten Knoten (108) und den vierten Knoten (112) geschaltet ist.

6 Filteranordnung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, bei der die erste Resonatoreinrichtung (102) ein erstes kapazitives Element (130) und ein erstes Leitungselement (132) umfasst, und bei der die zweite Resonatoreinrichtung (104) ein zweites kapazitives Element (134) und ein zweites Leitungselement (136) umfasst.

25 7. Filteranordnung gemäß Anspruch 6, bei der das erste kapazitive Element und das zweite kapazitive Element durch einen Kondensator, der gegen ein Bezugspotential verschaltet ist, durch eine kapazitive Leitung oder durch eine leerlaufende Stichleitung gebildet sind.

30 8. Filteranordnung gemäß Anspruch 6 oder 7, bei der die erste Resonatoreinrichtung (102) ein weiteres kapazitives Element (142) aufweist, das zwischen das erste Leitungselement (132) und den zweiten Knoten (108) geschaltet ist, und die zweite 35 Resonatoreinrichtung (104) ein weiteres kapazitives Element (144) aufweist, das zwischen das zweite Leitungselement (136) und den weiteren Knoten (112) geschaltet ist.

9. Filteranordnung gemäß Anspruch 8, bei der das weitere kapazitive Element (142, 144) eine kapazitive Leitung ist.

5 10. Filteranordnung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, bei der die erste Resonatoreinrichtung (102) und die zweite Resonatoreinrichtung (104) jeweils zumindest einen Resonator (152, 154, 156, 158) aufweisen.

10 11. Filteranordnung gemäß Anspruch 10, bei der die Resonatoren (152, 154, 156, 158) der ersten Resonatoreinrichtung (102) und der zweiten Resonatoreinrichtung (104) SAW-Resonatoren, dielektrische Resonatoren, Quarzresonatoren und/oder optische Resonatoren umfassen.

15 12. Filteranordnung gemäß Anspruch 10 oder 11,

bei der das induktive Bauelement ein erste induktives Bauelement (126), das zwischen den ersten Knoten (106) und einen fünften Knoten (166) geschaltet ist, und ein zweites induktives Bauelement (170), das zwischen den dritten Knoten (110) und den fünften Knoten (166) geschaltet ist, umfasst;

25 bei der das weitere induktive Bauelement ein drittes induktives Bauelement (140), das zwischen den zweiten Knoten (108) und einen sechsten Knoten (168) geschaltet ist, und ein vierter induktives Bauelement (172), das zwischen den vierten Knoten (112) und den sechsten Knoten (168) geschaltet ist, umfasst; und

30 bei der eine weitere Resonatoreinrichtung (160), die mit der ersten Resonatoreinrichtung (102) und mit der zweiten Resonatoreinrichtung (104) gekoppelt ist, zwischen den fünften Knoten (166) und den sechsten Knoten (168) geschaltet ist.

35 13. Filteranordnung gemäß Anspruch 12, bei der die erste, die zweite und die weitere Resonatoreinrichtung (102, 104, 106)

eine Mehrzahl von verkoppelten Resonatoren (152, 154, 156, 158, 162, 164) umfasst.

14. Filteranordnung mit

5

einer ersten Resonatoreinrichtung (202), die zwischen einen ersten Knoten (206) und einen zweiten Knoten (208) geschaltet ist;

- 10 einer zweiten Resonatoreinrichtung (204), die zwischen den zweiten Knoten (208) und einen dritten Knoten (210) geschaltet ist, wobei die erste Resonatoreinrichtung (202) und die zweite Resonatoreinrichtung (204) verkoppelt sind; und
- 15 einem induktiven Bauelement (226), das zwischen den zweiten Knoten (208) und einen vierten Knoten (212) geschaltet ist.

15. Filteranordnung gemäß Anspruch 14, bei der die erste Resonatoreinrichtung (202) und die zweite Resonatoreinrichtung 20 (204) im Durchlassbereich eine Serienresonanz aufweisen und gekoppelt sind.

16. Filteranordnung gemäß Anspruch 14 oder 15 mit einem ersten Tor (214) mit einem ersten Torknoten (216), der mit dem ersten Knoten (206) verbunden ist, und einem zweiten Torknoten (218), der mit einem Bezugspotential (228) verbunden ist, und mit einem zweiten Tor (220) mit einem dritten Torknoten (222), der mit dem dritten Knoten (210) verbunden ist, und einem vierten Torknoten (224), der mit dem Bezugspotential 30 (228) verbunden ist, wobei der vierte Knoten (212) mit dem Bezugspotential (228) verbunden ist.

17. Filteranordnung gemäß Anspruch 14 oder 15 mit einem ersten Tor (214) mit einem ersten Torknoten (216), der mit dem ersten Knoten (206) verbunden ist, und einem zweiten Torknoten (218), der mit einem fünften Knoten (284) verbunden ist, einem zweiten Tor (220) mit einem dritten Torknoten (222),

der mit dem dritten Knoten (210) verbunden ist, und einem  
vierten Torknoten (224), der mit einem sechsten Knoten (286)  
verbunden ist; und

5 einer dritten Resonatoreinrichtung (280), die zwischen den  
fünften Knoten (284) und den vierten Knoten (212) geschaltet  
ist; und

10 einer vierten Resonatoreinrichtung (282), die zwischen den  
sechsten Knoten (286) und den vierten Knoten (212) geschaltet  
ist, wobei die dritte Resonatoreinrichtung (280) und die  
vierte Resonatoreinrichtung (282) verkoppelt sind.

18. Filteranordnung gemäß Anspruch 14 oder 15 mit einem ers-  
ten Tor (214) mit einem ersten Torknoten (216), der mit dem  
ersten Knoten (206) verbunden ist, und einem zweiten Torkno-  
ten (218), der mit einem Bezugspotential (228) verbunden ist,  
einem zweiten Tor (220) mit einem dritten Torknoten (222),  
der mit dem dritten Knoten (210) verbunden ist, und einem  
20 vierten Torknoten (224), der mit einem fünften Knoten (286)  
verbunden ist;

einer dritten Resonatoreinrichtung (280), die zwischen das  
Bezugspotential (228) und den vierten Knoten (212) geschaltet  
25 ist; und

einer vierten Resonatoreinrichtung (282), die zwischen den  
fünften Knoten (286) und den zweiten Knoten (212) geschaltet  
ist, wobei die dritte Resonatoreinrichtung (280) und die  
30 vierte Resonatoreinrichtung (286) verkoppelt sind.

19. Filteranordnung gemäß einem der Ansprüche 14 bis 18, bei  
der jede Resonatoreinrichtung (202, 204, 280, 282) ein kapa-  
zitives Element (230, 234, 288, 292) und ein Leitungselement  
35 (232, 236, 290, 294) umfasst.

20. Filteranordnung gemäß Anspruch 19, bei der das kapazitive Element durch einen Kondensator, der seriell verschaltet ist, durch eine kapazitive Leitung oder durch eine leerlaufende Stichleitung gebildet ist.

5

21. Filteranordnung gemäß einem der Ansprüche 14 bis 18, bei der die Resonatoreinrichtungen (202, 204, 280, 282) jeweils zumindest einen Resonator aufweisen.

10 22. Filteranordnung gemäß Anspruch 21, bei der die Resonatoren der Resonatoreinrichtungen (202, 204, 280, 282) SAW-Resonatoren, dielektrische Resonatoren, Quarzresonatoren und/oder optische Resonatoren umfassen.

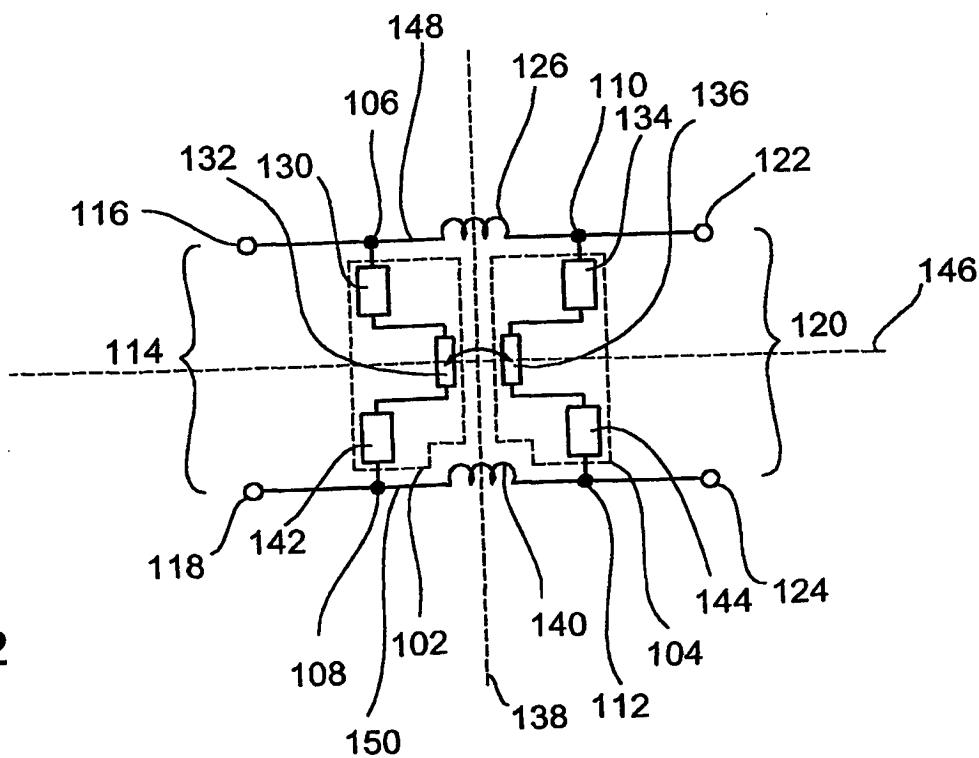
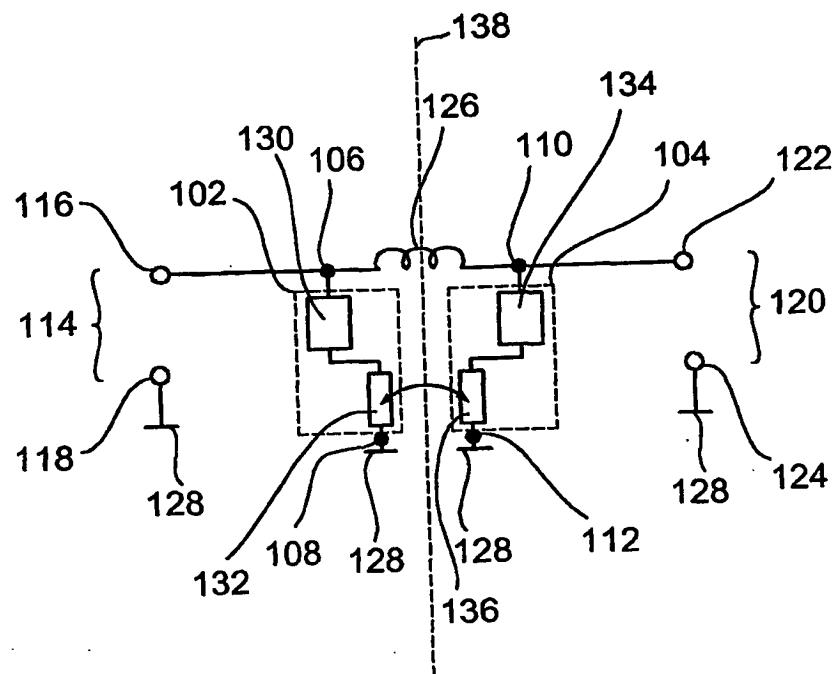
15 23. Filteranordnung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 22, die weitere Resonatoreinrichtungen und induktive Bauelemente umfasst, die alternierend angeordnet sind, wobei die weiteren Resonatoren wahlweise miteinander gekoppelt oder nicht gekoppelt sind.

20

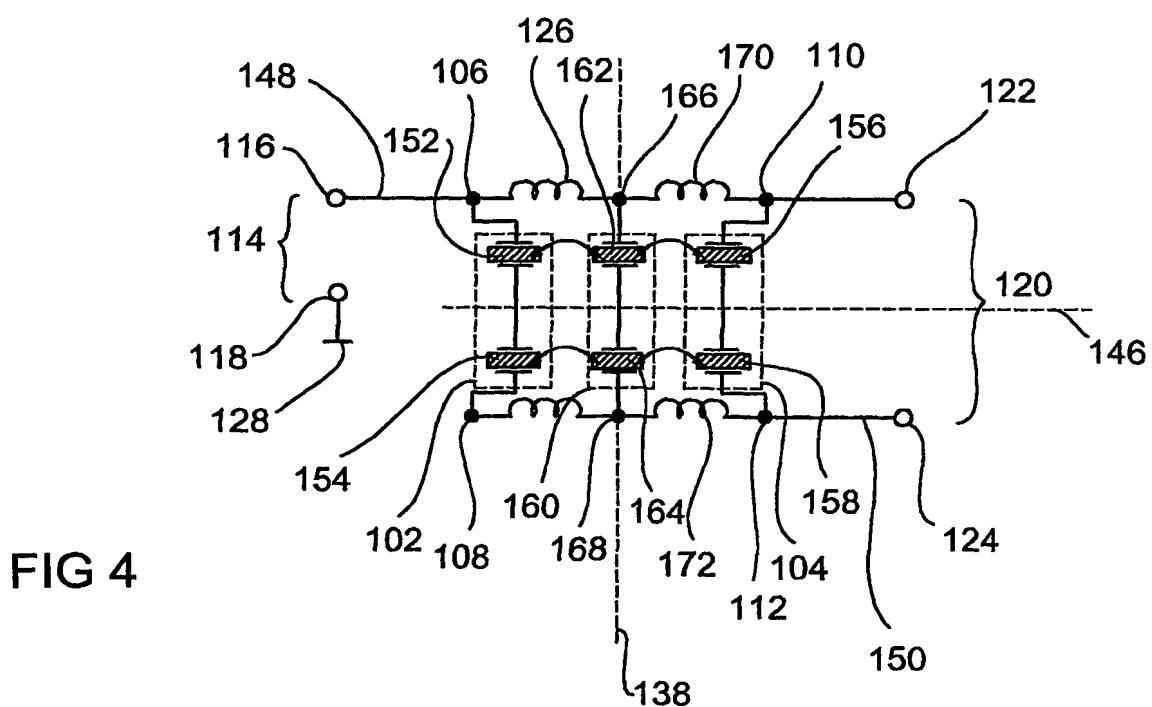
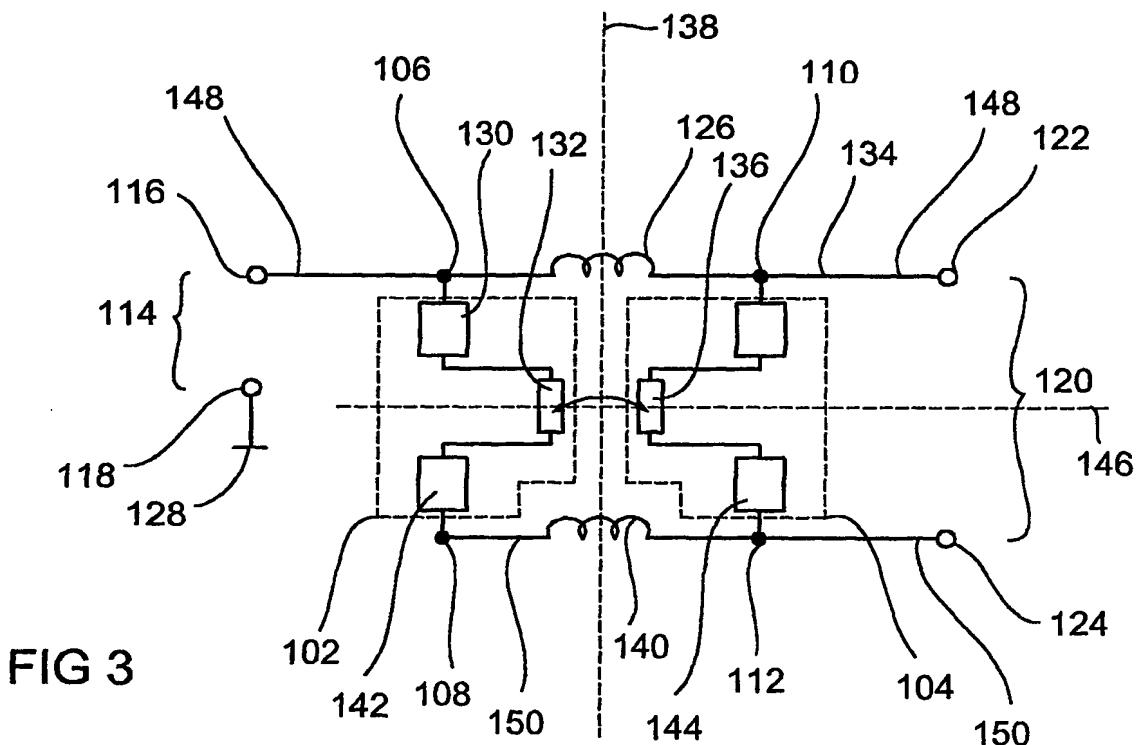
24. Filter mit einer Mehrzahl von Filteranordnungen gemäß einem der Ansprüche 1 bis 23, wobei die Mehrzahl von Filteranordnungen durch induktive Bauelemente verbunden sind, und wobei die Filteranordnungen wahlweise miteinander über zugeordnete Resonatoreinrichtungen gekoppelt sind oder nicht gekoppelt sind.

25

1/7



2/7



3/7

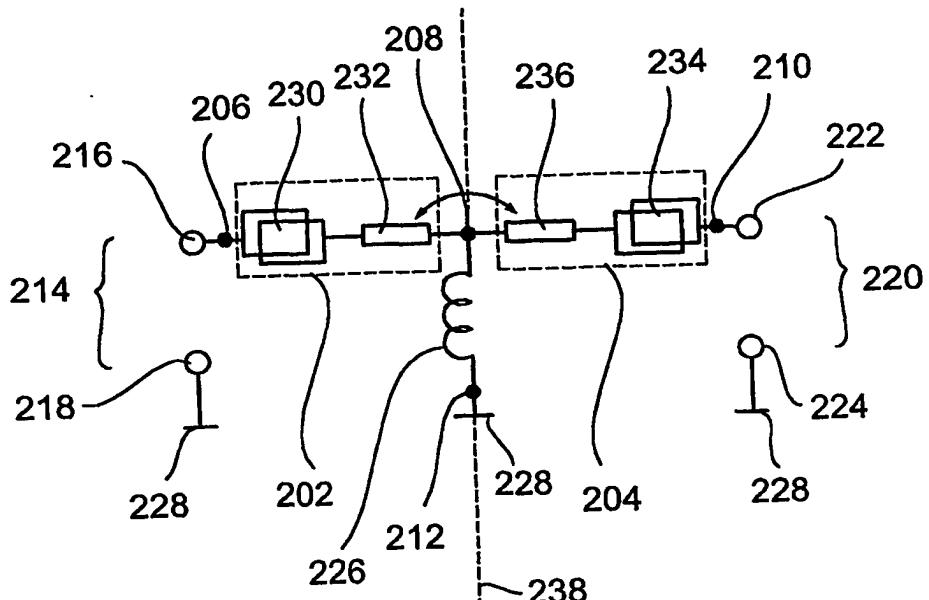


FIG 5

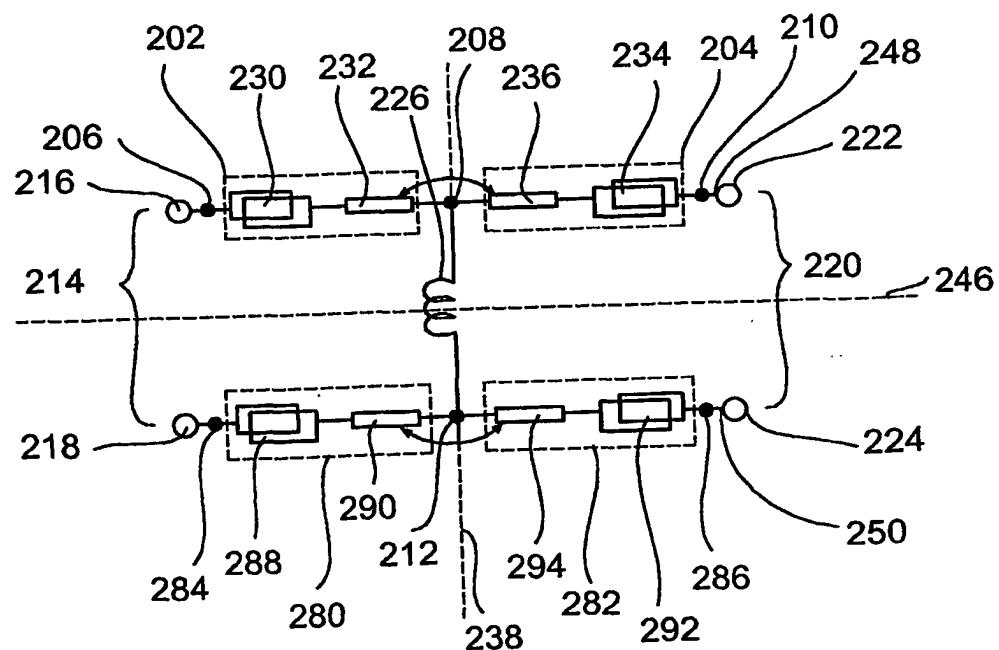


FIG 6

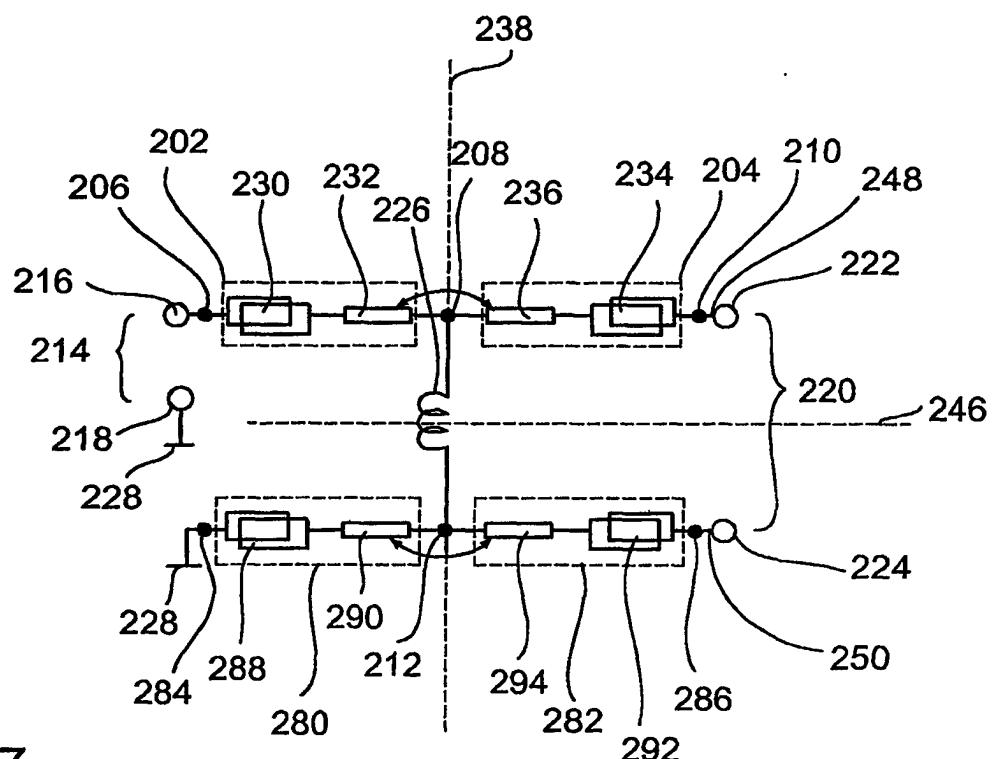


FIG 7

5/7

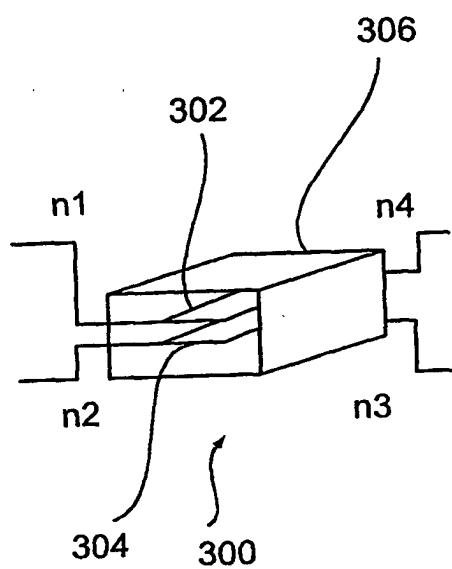


FIG 8

6/7

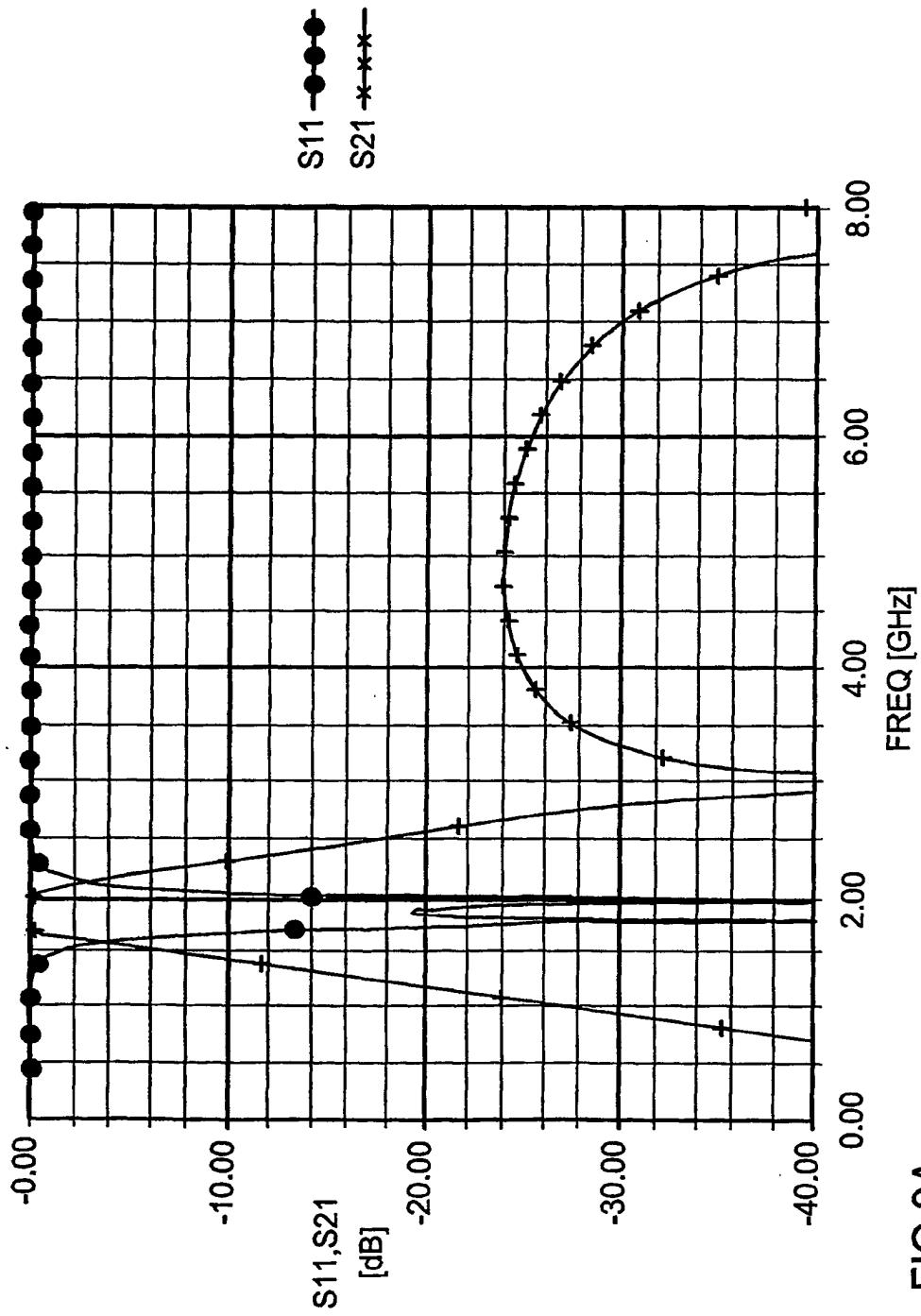


FIG 9A

7/7

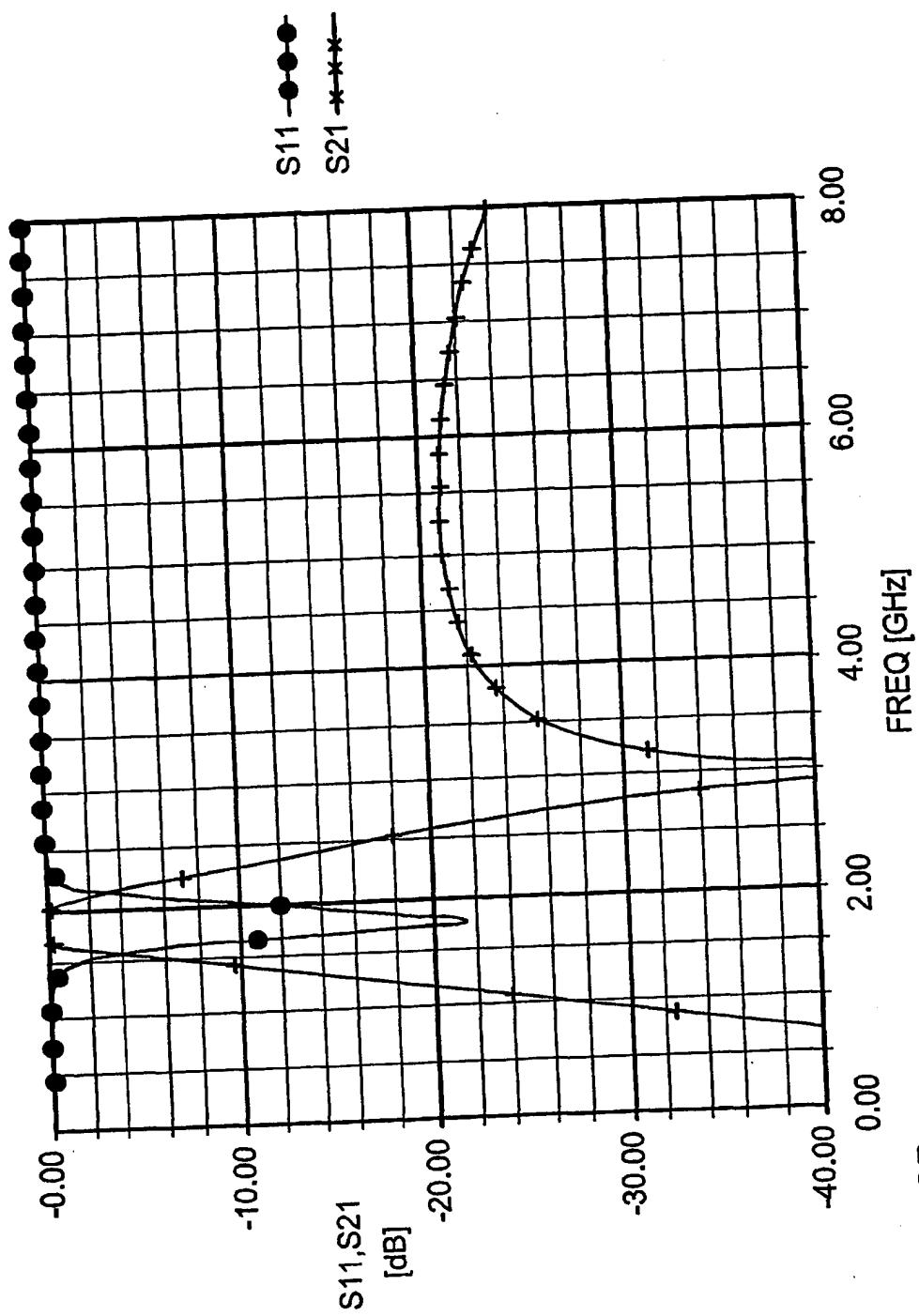


FIG 9B

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP 02/04617

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 H03H9/54 H03H7/09

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 H03H

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 1 848 221 A (MCCURDY RALPH G) 8 March 1932 (1932-03-08) page 1, line 3 -page 2, line 22; figure 1 ---	1-8
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 010, no. 158 (E-409), 6 June 1986 (1986-06-06) & JP 61 013706 A (MATSUSHITA DENKI SANGYO KK), 22 January 1986 (1986-01-22) abstract --- -/-	14-20

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

## ° Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the International filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the International filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the International filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the International search

19 July 2002

Date of mailing of the International search report

29/07/2002

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

D/L PINTA BALLE.., L

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP 02/04617

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	ORLOV A T ET AL: "Use of active networks to widen the spectrum of application of piezoelectric filters" FREQUENCY CONTROL SYMPOSIUM, 1994. 48TH., PROCEEDINGS OF THE 1994 IEEE INTERNATIONAL BOSTON, MA, USA 1-3 JUNE 1994, NEW YORK, NY, USA, IEEE, 1 June 1994 (1994-06-01), pages 411-414, XP010137841 ISBN: 0-7803-1945-1 paragraph '0003!; figure 9 -----	11-13, 21-24
A	US 5 666 093 A (D OSTILIO JAMES PHILLIP) 9 September 1997 (1997-09-09) column 6, line 64 -column 7, line 47; figure 6 -----	6-9, 19, 20

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
Information on patent family members

International Application No  
**PCT/EP 02/04617**

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 1848221	A 08-03-1932	NONE	
JP 61013706	A 22-01-1986	NONE	
US 5666093	A 09-09-1997	NONE	

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP 02/04617

**A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
IPK 7 H03H9/54 H03H7/09

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

**B. RECHERCHIERTE GEBIETE**

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 H03H

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der Internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ

**C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 1 848 221 A (MCCURDY RALPH G) 8. März 1932 (1932-03-08) Seite 1, Zeile 3 -Seite 2, Zeile 22; Abbildung 1 ---	1-8
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 010, no. 158 (E-409), 6. Juni 1986 (1986-06-06) & JP 61 013706 A (MATSUSHITA DENKI SANGYO KK), 22. Januar 1986 (1986-01-22) Zusammenfassung ---	14-20 -/-

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

- \* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- \*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- \*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem Internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- \*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- \*C\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- \*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

- \*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem Internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- \*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- \*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann nahelegend ist
- \*&\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der Internationalen Recherche

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

19. Juli 2002

29/07/2002

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

D/L PINTA BALLE.., L

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 02/04617

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	ORLOV A T ET AL: "Use of active networks to widen the spectrum of application of piezoelectric filters" FREQUENCY CONTROL SYMPOSIUM, 1994. 48TH., PROCEEDINGS OF THE 1994 IEEE INTERNATIONAL BOSTON, MA, USA 1-3 JUNE 1994, NEW YORK, NY, USA, IEEE, 1. Juni 1994 (1994-06-01), Seiten 411-414, XP010137841 ISBN: 0-7803-1945-1 Absatz '0003!; Abbildung 9 -----	11-13, 21-24
A	US 5 666 093 A (D OSTILIO JAMES PHILLIP) 9. September 1997 (1997-09-09) Spalte 6, Zeile 64 -Spalte 7, Zeile 47; Abbildung 6 -----	6-9, 19, 20

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 02/04617

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 1848221	A 08-03-1932	KEINE	
JP 61013706	A 22-01-1986	KEINE	
US 5666093	A 09-09-1997	KEINE	

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**